ȘTEFAN GRIGORAȘ
LUCIAN CONSTANTIN HANGANU
FLORIN TUDOSE-SANDU VILLE
CIPRIAN STAMATE

FIABILITATEA SISTEMELOR MECANICE

■ îndrumar de laborator ■

IAŞI
2013

PREFAȚĂ

În calculul fiabilităţii produselor, principala problemă o constituie obţinerea informaţiilor necesare. Acestea pot fi obţinute în urma încercărilor de laborator sau a încercărilor în condiţiile de exploatare normale, de la firmele de service şi reparaţii sau de la instituţii de control specializate.

Opinia generală este că numai încercările în condiții normale de exploatare pot furniza date reale asupra comportării produselor, subansamblurilor şi părţilor componente ale acestora, motiv pentru care, în general, calculele de fiabilitate se bazează pe datele obţinute din aşa numitele "Rapoarte de exploatare".

Tendinţele de automatizare fac ca nivelul tehnic al produselor rezultate să depindă atât de calitatea mijloacelor de producţie cât şi de nivelul calitativ de pregătire a forţei de muncă ce asigură desfăşurarea procesului de fabricaţie la parametri prescrişi.

Menţinerea nivelului calitativ de funcţionare al unui produs se face prin operaţii de mentenanţă (preventive şi/sau corective) cu cheltuieli ce uneori depăşesc costul produsului.

Apare astfel necesitatea de a reduce, cât mai mult posibil, aceste cheltuieli prin colectarea şi prelucrarea datelor rezultate din exploatare şi elaborarea unor soluţii noi, îmbunătăţite calitativ, pentru produs.

De rentabilizarea la maximum a utilizării produselor pe această cale se ocupă ştiinţa denumită *Terotehnică* (tero = a avea grijă), ştiinţă care se bazează pe un feed-back eficient al datelor obţinute în exploatare spre concepţie.

O problemă ce poate să apară este cea a încrederii, în valabilitatea datelor stocate în aceste "Rapoarte de exploatare", a realismului lor (chiar dacă sunt corecte) în perioada în care sunt interpretate. Aceasta datorită modificărilor în timp a proprietăţilor materialelor, a costurilor, a calităţii factorilor ce intervin în procesul tehnologic etc.

Cu toate aceste riscuri, au fost elaborate metode de calcul, cu un grad suficient de siguranţă, care să ţină seama atunci când se ia o decizie de achiziţionare a unui produs şi de cheltuielile de întreţinere aferente acestuia.

Lucrarea de faţă se adresează în primul rând studenţilor ce desfăşoară activităţi de aplicaţii în cadrul laboratorului de "Fiabilitatea sistemelor mecanice" al Departamentului de Inginerie Mecanică, Mecatronică și Robotică din cadrul Facultății de Mecanică - Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași dar şi inginerilor şi tehnicienilor care frecventează cursurile post-universitare sau de masterat.

Autorii

CUPRINS

LUCRAREA NR. 1

INDICATORI PRINCIPALI AI FIABILITĂŢII PRODUSELOR NEREPARABILE ŞI REPARABILE

I. Scopul lucrării

Determinarea pe baza calculelor statistice, a principalilor indicatori de fiabilitate (frecvenţa relativă a defectărilor - $\hat{f}(t_1)$; frecvenţa relativă cumulată a defectărilor - $\hat{F}(t_1)$; frecvenţa relativă a exemplarelor în funcţiune - $\hat{R}(t_1)$; media timpilor de bună funcţionare $\bar{t}$; frecvenţa medie a defectărilor pe un interval - $\bar{k}$; rata de defectare - $\hat{z}(t)$; media timpului de reparare - $M\hat{T}R$ şi rata reparaţiilor - $\hat{\mu}$, atât pentru cazul elementelor nereparabile, cât şi pentru cel al elementelor reparabile, precum şi trasarea curbei de supraveţuire.

II. Elemente teoretice

▪ Frecvenţa relativă a defectărilor $\hat{f}(t_1)$ se determină fiind raportul între numarul defectărilor aparute în intervalul i (k_i) şi totalul acestora, total care poate fi egal cu efectivul iniţial al eşantionului cercetat (N), în cazul încercărilor complete fără înlocuirea elementelor defecte.

$$\hat{f}(t_1) = \frac{k_i}{\sum_{i=1}^{n} k_i} \tag{1}$$

■ Frecvenţa relativă cumulată a defectărilor $(0 < \hat{F}(t_1) \le 1)$ exprimă media exemplarelor defectate pe fiecare interval (*i*) în parte:

$$\hat{F}(t_1) = \frac{1}{N}\sum_{1}^{i} k_i\ ; \tag{2}$$

în care *N* este efectivul initial al eşantionului cercetat;

■ Frecvenţa relativă a exemplarelor în funcţiune $\hat{R}(t_1)$ ne indică ponderea produselor care nu s-au defectat până la sfarşitul intervalului *i* şi care se vor defecta în intervalele viitoare:

$$\hat{R}(t_1) = 1 - \hat{F}(t_1) \tag{3}$$

■ Media timpilor de bună funcţionare $\bar{t}$ indică timpul mediu de bună funcţionare până la defectare sau dintre două defectări successive oarecare:

$$\hat{t} = \frac{\sum_{i}^{n} t_i k_i}{\sum_{i}^{n} k_i} = \frac{\sum_{i}^{n} t_i k_i}{N} = MTBF \tag{4}$$

t_i - timpi de bună funcţionare;

■ Frecvenţa medie a defectărilor pe un interval de observaţie $(\bar{k})$, este inversul mediei timpului de bună funcţionare:

$$\bar{k} = \frac{\sum_{i}^{n} t_i k_i}{\sum_{i}^{n} k_i} = MTBF \quad (5)$$

■ Rata de defectare $\hat{z}(t)$ indică ponderea exemplarelor defectate în decursul intervalului de observaţie faţă de efectivul existent la începutul intervalului respectiv:

$$\hat{z}(t) = \frac{k_i}{N_{i-1}} \quad (6)$$

N_{i-1} – numărul de exemplare în funcţie la începutul intervalului i.

■ Media timpilor de reparare $M\hat{T}R$ ne dă indicaţii referitoare la numărul de ore aferent unei reparaţii;

$$M\hat{T}R = \frac{\text{Timpul total de reparare}}{\text{Nr. total al defectărilor}} \text{ [ore/reparare]} \quad (7)$$

■ Rata reparaţiilor $(\hat{\mu})$ este inversul mediei timpului de reparare:

$$\hat{\mu} = \frac{1}{M\hat{T}R} \text{ [nr. Reparaţii/ora de reparare]} \quad (8)$$

III. Date experimentale

Întrucât observarea neîntreruptă a comportării în funcţionare a exemplarelor din eşantionul supus analizei se realizează practic foarte greu, fiind încercări de durată, se vor pune la dispoziţie date de activitate şi pe cea de întreţinere şi reparare a maşinilor, aparatelor şi instalaţiilor.

Pentru primul caz, cel al elementelor nereparabile, sunt prezentate în tabelul 1 datele referitoare la casarea unui lot de 210 rulmenţi ce echipează motoarele electrice.

Pentru cazul elementelor reparabile, sunt prezentate în tabelul 2 date experimentale referitoare la o instalaţie hidraulică din componenţa unui robot industrial.

Tabelul 1

Intervalul	Ore de funcţionare	Rulmenţi casaţi în intervalul *i* (k_i)	Rulmenţi rămaşi în exploatare la începutul intervalului (N_{i-1})
1	4000-6000	55	210
2	6000-8000	42	155
3	8000-10000	33	113
4	10000-12000	25	80
5	12000-14000	30	55
6	14000-16000	10	25
7	16000-18000	12	15
8	18000-20000	3	3
TOTAL		210	0

Tabelul 2

Perioada de observaţie	Nr. defectări	Timp total de funcţionare [ore]	Timp total de reparare [ore]
1.I.09-1.X.09	2	10550	54
1.XII.09-1.I.10	1	5200	32
1.II.11-1.V.11	2	6350	75
1.VII.11-1.XII.11	3	12450	80
1.I.12-1.IV.12	4	15000	95
1.V.12-1.VII.12	2	8500	40
TOTAL	14	57050	376

IV. Prelucrarea datelor experimentale

Pentru cele două cazuri menţionate, se calculează indicatorii principali de fiabilitate cu relaţiile:

(1)...(6) – pentru cazul elementelor nereparabile (rulmenţi);

(1)...(8) – pentru cazul elementelor reparabile(instalaţia hidraulică).

Cu rezultatele obţinute la primul caz se completează tabelul 3

Tabelul nr. 3

Intervale	Centrul intervalului (t_1)	Rulmenţi casaţi (k_1)	Rulmenţi aflaţi în exploatare (N_{i-1})	$t_i k_i$	$\hat{f}(t_i)$	$\hat{F}(t_i)$	$\hat{R}(t_i)$	$\hat{z}(t)$
0	1	2	3	4	5	6	7	8
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -

Pe baza rezultatelor obţinute se trasează următoarele grafice:

- ✓ variaţia indicatorilor $\hat{R}(t_i)$, $\hat{F}(t_i)$, $\hat{f}(t_i)$ în funcţie de intervalele de defectare;
- ✓ variaţia ratei defectărilor $\hat{z}(t)$ în funcţie de intervalele luate în studiu;
- ✓ curba de supraveţuire (pentru cazul elementelor reparabile în coordonatele: efectivul în funcţiune şi ore de funcţionare).

V. Concluzii

Din analiza datelor prelucrate se vor trage concluzii privind:

- câte defectări de rulmenţi survin la 1 milion de ore de funcţionare;

- câte ore (în medie) sunt necesare pentru repararea unei defecţiuni;
- câte reparaţii se pot efectua într-un interval de timp (ex. 100 de ore).

LUCRAREA NR. 2

UTILIZAREA LEGILOR DE DISTRIBUȚIE TEORETICE ÎN STUDIUL FIABILITĂȚII SISTEMELOR REPARTIȚIA WEIBULL BIPARAMETRICĂ

I. Scopul lucrării

Prezentarea principalelor legi de distribuţie teoretice posibile de utilizat în studiul fiabilitaţii sistemelor mecanice şi a metodelor de estimare a parametrilor acestora.

II. Elemente teoretice

Întrucât modelul exponenţial se utilizează numai atunci când rata de defectare este constantă, în studiul fiabilitaţii este de preferat a se utiliza Legea de distribuţie Weibull. În continuare din formele analitice pe care le poate prezenta aceasta lege, se vor face precizări privind legea biparametrică.

Repartiţia Weibull biparametrică poate fi considerată ca o generalizare a legii exponenţiale. Principalele mărimi ce caracterizeaza această lege de distribuţie sunt:

- Densitatea de probabilitate: *dacă t*

$$F(t,\beta,\lambda)=\begin{cases} 0, \text{dacã t} \le 0 \\ \beta \cdot \lambda \cdot t^{\beta-1} \cdot e^{-\lambda \cdot t^{b}}, \text{dacã t} > 0 \end{cases}, \quad (1)$$

unde *β, λ* > 0; *t* – variabila de timp

- Funcţia de repartiţie $F(t,\beta,\lambda)$ exprimă probabilitatea ca evenimentul următor să apara în intervalul (0,t):

$$F(t,\beta,\lambda) = \int_{-\infty}^{\tau} f(t,\beta,\lambda)dt = \begin{cases} 0, \text{dacã t} \leq 0 \\ 1 - e^{-\lambda \cdot t^{b}}, \text{dacã t} > 0 \end{cases} \quad (2)$$

Rata (intensitatea) de defectare, exprimă rata defecţiunilor având formele de variaţie prezentate în figura 1;

$$z(t) = \beta \cdot \lambda \cdot t^{\beta - 1} \quad (3)$$

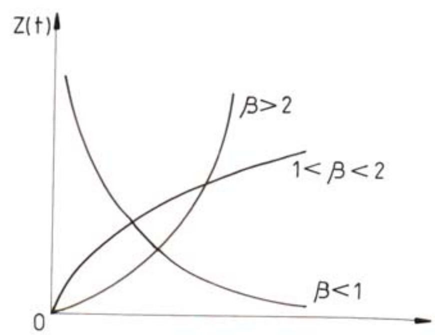


Fig. 1

- Probabilitatea funcţionarii fără defecţiuni $R(t,\beta,\lambda)$ exprimă probabilitatea ca evenimentul să se producă în intervalul de timp (0,t):

$$R(t,\beta,\lambda) = 1 - F(t,\beta,\lambda) = e^{-\lambda \cdot t^{\beta}} \quad (4)$$

- Media timpului de bună funcţionare (*MTBF*):

$$MTBF = \int_0^\infty \beta \cdot \lambda \cdot t^{\beta-1} \cdot e^{-\lambda \cdot t^\beta} dt = \frac{\Gamma\left(\frac{1}{\beta}+1\right)}{\lambda^{\frac{1}{\beta}}}, \quad (5)$$

Valorile funcţiei $\Gamma\left(\frac{1}{\beta}+1\right)$ fiind tabelate (v. Anexa nr.1);

- Dispersia timpului de buna funcţionare *D(t)*:

$$D(t) = \frac{\Gamma(\frac{2}{\beta}+1) - \Gamma^2(\frac{1}{\beta}+1)}{\frac{\lambda^2}{\beta}} \quad (6)$$

Estimarea parametrilor legii Weibull biparametrice
În cadrul acestei lucrări se vor determina parametrii β şi λ prin metoda analitică a celor mai mici pătrate, pe baza observaţiilor funcţionarii unui eşantion de N elemente.
Algoritmul de calcul cuprinde urmatoarele etape:

1. Calculul valorilor frecventelor relative a elementelor rămase în funcţiune:

$$R_N(t_i) = e^{-\lambda \cdot t_i^\beta} = \frac{N_i}{N} \quad (7)$$

unde: N_i - numărul elementelor rămase in funcţionare;

2. Prin logaritmarea relaţiei (7) se obţine:

$$\lg R_N(t_i) = -\lambda \cdot t_i^{\beta} \cdot \lg e \ \ sau \ \ \lg\left[\frac{1}{R_N(t_i)}\right] = \lambda \cdot t_i^{\beta} \cdot \lg e \qquad (8)$$

3. Repetând operaţia de logaritmare rezultă:

$$\lg\left\{\lg\left[\frac{1}{R_N(t_i)}\right]\right\} = \lg(\lg e) + \lg\lambda + \beta \cdot \lg t_i \qquad (9)$$

4. Scrierea relaţiei (9) sub forma ecuaţiei unei drepte:

$$\left.\begin{array}{c} \lg(\lg e) + \lg\lambda = a \\ \hline \lg\left\{\lg\left[\frac{1}{R_N(t_i)}\right]\right\} = y_i \end{array}\right\} \Rightarrow y_i = \alpha + \beta \cdot \lg t_i \qquad (10)$$

5. Aplicând metoda celor mai mici pătrate, rezultă următorul sistem de ecuaţii pentru determinarea parametrilor α şi β:

$$\left\{\begin{array}{c} \sum_1^n y_i = n \cdot a + \beta \cdot \sum_1^n t_i \\ \hline \sum_1^n y_i \cdot \lg t_i = a \cdot \sum_1^n \lg t_i + \beta \cdot \sum_1^n (\lg t_i)^2 \end{array}\right. \qquad (11)$$

unde *n* reprezintă numărul intervalelor de timp incluse în calcul.

III. Date experimentale

Datele experimentale de prelucrat sunt cele prezentate în lucrarea nr.1 referitoare la lotul de 210 rulmenţi casaţi dupa diferite intervale de ore de funcţionare, date prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ore de funcţionare (t_i)	4000	6000	8000	10000	12000	14000	16000	18000	20000
Rulmenţi în funcţionare (N_i)	210	155	113	80	55	25	15	3	0

IV. Prelucrarea datelor experimentale

1. Se impune ca înainte de a proceda la efectuarea calculelor propriu-zise, să se efectueze şi validarea modelului, adica să verificăm dacă există temei să presupunem că datele experimentale nu contravin ipotezei formulate asupra modelului de comportament. Dintre testele de verificare posibile de utilizat (Mann, Kolmogorov-Smirnov), x^2 se va calcula cu relaţia:

$$x^2 = \sum_1^n \frac{[N_i - N \cdot R(t_i)]^2}{N \cdot R(t_i)} \tag{12}$$

unde: N – numarul elementelor din lot (N=210);

N_i - numărul elementelor rămase în funcţionare la finele intervalului i;

$R(t_i)$ - frecvenţele relative care se calculează cu relaţia (7);

t_i - limita maxima a intervalului i;

Valorile necesare verificarii caracterului Weibullian al legii de distribuţie se vor trece în tabelul 2.2.

Daca valoarea lui x^2 obţinută prin însumarea datelor prezentate în tabelul 2, rubrica 5, este inferioară valorii tabelare corespunzatoare (aleasă din Anexa nr. 2 în funcţie de numarul intervalelor şi

probabilitatea de a fi depaşită aceasta valoare), se comfirmă ipoteza comform căreia legea căderii rulmenţilor este una de tip Weibull.

Tabelul 2

t_i	N_i	$R(t_i)$	$N\cdot R(t_i)$	$[N_i - N\cdot R(t_i)]^2$	$\frac{[N_i - N\cdot R(t_i)]^2}{N\cdot R(t_i)}$
0	1	2	3	4	5
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

2. Din acest moment se poate trece la calcularea valorilor mărimilor necesare estimării parametrilor modelului Weibull:

$$R_N(t_i) \tag{13}$$

$$\frac{1}{R_N(t_i)};\ \lg\left[\frac{1}{R_N(t_i)}\right] \tag{14}$$

$$y_i = \lg\left\{\lg\left[\frac{1}{R_N(t_i)}\right]\right\} \tag{15}$$

$$\lg t_i;\ (\lg t_i)^2;\ y_i\cdot\lg t_i$$

Cu valorile obţinute se completează tabelul 2.3.

3. Înlocuind în relaţiile sistemului (11) $\sum_1^n \lg t_i$, $\sum_1^n (\lg t_i)^2$ şi $\sum_i^n y_i\cdot\lg t_i$ ca sume ale valorilor din coloanele 4, 5, 6 şi 7 ale tabelului 3, sistemul se poate rezolva rezultând valorile lui α şi β.

Tabelul 3

Ore funcţionare (t_i)	Rulmenţi în funcţionare *(N_i)*	$R_N(t_i)$	$\lg\left[\frac{1}{R_N(t_i)}\right]$	y_i	$\lg t_i$	$(\lg t_i)^2$	$y_i \cdot \lg t_i$
0	1	2	3	4	5	6	7
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL							

4. Ţinând seama de relaţiile (10) se determină valoarea parametrului λ.

5. Având determinate valorile lui β şi λ, se pot calcula, cu ajutorul relaţiei (4), valorile funcţiei de fiabilitate pentru fiecare din intervalele considerate, completând apoi tabelul 4.

Tabelul 4

(t_i)	$\lg t_i$	$\beta \cdot \lg t_i$	$\lambda + \beta \cdot \lg t_i \, lg$	$\lambda \cdot t_i^{\beta}$	$e^{-\lambda \cdot t_i^{\beta}}$	$R_N(t_i)$
0	1	2	3	4	5	6
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

6. Se calculează apoi media timpului de buna funcţionare *MTBF* cu ajutorul relaţiei (5) (luând valorile corespunzatoare ale lui Γ din Anexa nr. 1) şi dispersia timpului de bună funcţionare cu relaţia (6) (utilizând aceeaşi anexă).

7. Calculând valorile intensitaţii de defectare $z(t)$ cu relaţia (3) se poate trasa graficul de variaţie al acesteia în funcţie de β:

$$z\left(t_i \cdot \lambda^{\frac{t_i}{\beta}}; \beta\right)$$

LUCRAREA NR. 3

UTILIZAREA LEGILOR DE DISTRIBUȚIE TEORETICE ÎN STUDIUL FIABILITĂȚII SISTEMELOR. REPARTIȚIA WEIBULL TRIPARAMETRICĂ

I. Scopul lucrării

Scopul lucrării este prezentarea principalelor legi de distribuție teoretice posibile de uitilizat în studiul fiabilității sistemelor şi a metodelor de estimare a parametrilor acestora.

II. Elementele teoretice

Studiul lucrării de față se refera la cea de a doua formă pe care o poate prezenta legea de distribuție Weibull: legea triparametrică.

Legea Weibull triparametrică reprezinta varianta completă a acestei legi, fiind caracterizată prin următoarele mărimi:

■ Probabilitatea supraviețuirii (funcția de fiabilitate):

$$R(t,\beta,\eta,\gamma) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)} \tag{1}$$

unde: β reprezintă parametrul de formă,

η - parametrul de scară,

γ - parametrul de poziție (locație).

Dacă ținem seama de faptul că pentru β=1 avem:

$\frac{1}{\eta} = \lambda = \frac{1}{MTFB}$ şi $\gamma = 0$ se obține: $R(t) = e^{-\lambda}$ (deci funcția de fiabilitate în cazul exponențial).

■ Densitatea de probabilitate:

$$f(t,\beta,\eta,\gamma) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}} \quad (2)$$

unde β reprezintă parametrul de formă (defineşte alura curbei)

Pentru simplificare se presupune: $\eta = 1$ şi $\gamma = 0$. Dacă $\eta = 1$ şi efectuând schimbarea de variabilă $t - \gamma = T$ cu $(t-\gamma) > 0$, obținem:

$$f(t,\beta,\gamma) = \beta \cdot T^{\beta-1} \cdot e^{-T^{\beta}} \quad (3)$$

Parametrul de locație (de inițializare) γ indică durata supraviețuirii în inrervalul $(0, \gamma)$.

Funcția de repartiție $F(t,\beta,\eta,\gamma)$ şi densitatea de probabilitate $f(t,\beta,\eta,\gamma)$, pentru cazul general al modelul triparametric sunt:

$$F(t,\beta,\eta,\gamma) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}} \quad (4)$$

şi

$$f(t,\beta,\eta,\gamma) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}} \quad (5)$$

unde η reprezintă parametrul de scară reală.

■ Rata de defectare ($z(t)$) este:

$$z(t) = \frac{\beta}{\alpha} \cdot (t-\gamma)^{\beta-1} \tag{6}$$

sau

$$z(t) = \frac{\beta}{\eta^{\beta}} \cdot (t-\gamma)^{\beta-1} \tag{7}$$

unde $\alpha = \eta^{\beta}$ reprezintă parametru de scară.

Estimarea parametrilor legii de distribuție Weibull triparametrice

Întrucât aplicarea unor metode analitice (metoda celor mai mici pătrate, metoda verosimilității maxime, ş.a.) în estimarea parametrilor Weibullieni este laborioasă (necesitând, pentru uşurință, utilizarea calculatorului), în cele ce urmează, din considerente practice, este prezentat modul de utilizare a metodei grafice. Pentru aceasta este nevoie de diagrama Weibull - figura 1, construită prin efectuarea unor logaritmări duble asupra funcției de fiabilitate (relația 4).

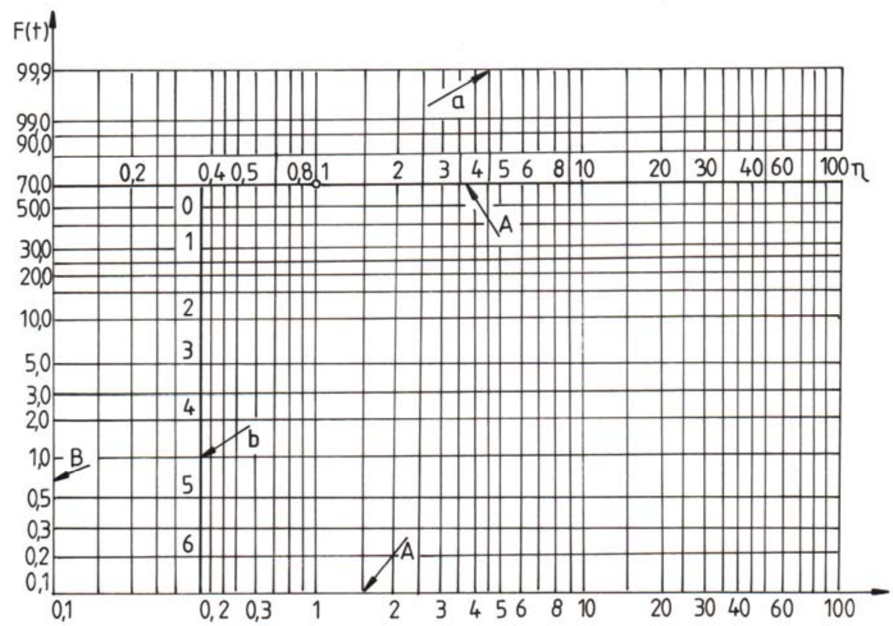


Fig. 1

$$\ln\ln\left\{\frac{1}{[1-F(t)]}\right\} = \beta \cdot \ln(t-\gamma) - \ln\alpha \tag{8}$$

Pentru γ=0, relația (8) devine (ținând seama şi de faptul că $\alpha = \eta^{\beta}$):

$$\ln\ln\left\{\frac{1}{[1-F(t)]}\right\} = \beta \cdot \ln t - \beta \cdot \ln\eta \tag{9}$$

Între $\ln\ln\left\{\frac{1}{[1-F(t)]}\right\}$ şi ln*t* exista o relație de tip liniar, fapt ce permite reprezentarea printr-o dreaptă într-un sistem de axe ortogonale convenabil ales. Un punct în graficul Weibull are următoarele coordonate:

- abscisa pe *A* se reprezintă timpul *t*, iar pe *a*, ln *t*
- ordonata pe *B, F(t)* în %, iar pe *b*, $\ln\ln\left\{\frac{1}{[1-F(t)]}\right\}$

Deci pe ordonată se vor reprezenta frecvențele relative cumulate ale produselor defectate la momentele de timp t, iar pe abscisă, momentele t_1...........t_n (alteori cicluri, Km parcurşi, ş.a.)

1. Estimarea parametrului de inițializare (locație) γ

Dacă punctele reprezentate pe diagrama Weibull se aliniază dupa o dreaptă, parametrul *γ* este zero.

Dacă punctele sunt dispuse dupa o curbă (cazul a. sau b. - figura 2), valoarea lui *γ* se poate determina cu relația:

$$\gamma = \frac{t_1 \cdot t_3 - t_2^2}{(t_1 + t_3) - 2t_2},$$

unde: t_1 şi t_3 reprezintă abscisele extremelor curbei;

t_2 - abscisa punctului median al frecvențelor relative cumulate.

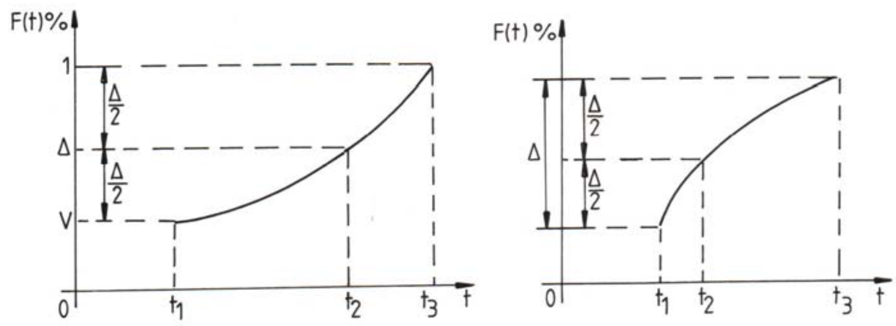


Fig. 2

2. ***Estimarea parametrului de scară reală η***, se poate face direct de pe rețeaua Weibull identificând punctul de intersecție a ordonatei η = 63% (considerând: $t = \eta \Rightarrow R(\eta) = e^{-1} = 0{,}37 \Rightarrow F(\eta) = 0{,}63$) cu dreapta experimentală sau prin calcul:

$$\hat{\eta} = \left(\sum_{n}^{n} \frac{t_i}{n} \right)^{\frac{1}{\beta}}$$

3. ***Estimarea parametrului de forma β*** se face ducând prin punctul de coordonare (1;63%) o paralelă la dreapta trasată, care la intersecția cu axa notată *b* va indica valoarea lui β.

III. Date experimentale

Datele experimentale ce trebuiesc prelucrate sunt cele rezultate în urma calculelor la lucrarea nr.1 referitoare la cei 210 rulmenți casați, date ce sunt prezentate în tabelul 1 ($\hat{f}(t_i)$ şi $\hat{F}(t_i)$) se calculează cu relațiile (1) şi (2) din lucrarea nr.1).

Tabelul 1

Interval de functionare (t_I)	$\hat{f}(t_i)$	$\hat{F}(t_i)$
4000 - 6000		
6000 - 8000		
8000 - 10000		
10000 - 12000		
12000 - 14000		
14000 - 16000		
16000 - 18000		
18000 - 20000		

IV. Prelucrarea datelor experimentale

1. Înainte de efectuarea calculelor necesare prelucrării datelor experimentale se va face verificarea caracterului Weibullian al legii de distribuție (cu ajutorul unuia din testele menționate în lucrarea nr. 2). Ex. testul Mann:

- se calculează valorile: $x_i = \ln t_i$
- se calculează statistica

$$l_i = \frac{x_{i+1} - x_i}{E(z_{i+1}) - E(z_i)},$$

unde $E(z_{i+1}) - E(z_i)$ se ia din Anexa nr.3;

- se construieşte statistica tabelului $S = \frac{\sum_{i=\frac{n}{2}+i}^{n-i} l_i}{\sum_{i=1}^{n-i} l_i}$;

- acceptarea modelului Weibull are loc atunci când

$$S_{calculat} \leq S_{tabelat}$$

Valorile lui $S_{tabelat}$ sunt date în Anexa nr.3.

2. Se reprezintă grafic, pe rețeaua probabilistică Weibull (Anexa nr.4) în coordonatele $\hat{F}(t_i)$ şi t_i, perechile de puncte care reprezintă limitele superioare ale intervalelor t_i şi frecvența relativă cumulată $\hat{F}(t_i)$.

3. Dacă punctele se aliniază dupa o dreaptă, atunci $\gamma = 0$ şi se determină valoarea lui η, la intersecția dreptei experimentale cu ordonata $\hat{F}(t_i)$ = 63%. Daca rezultă o curbă, γ se va calcula cu relația (10).

4. Se va trasa, prin punctul ($t_i = 1; \hat{F}(t_i)$ = 63%), o paralelă la dreapta experimentală care, la intersecția cu dreapta *b* de abscisa t_i = 0,37 va determina valoarea lui β.

5. Se va determina media timpului de bună funcționare (*MTBF*) şi rata defectărilor (relația 7):

$$MTBF = \eta \cdot \Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right),$$

unde $\Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right)$ este tabelat (Anexa nr.1).

6. Se va face o comparație între valorile indicatorilor de fiabilitate estimate prin metoda analitică (L_2) şi cele estimate prin metoda grafică.

LUCRAREA NR. 4

UTILIZAREA LEGILOR DE DISTRIBUŢIE TEORETICE ÎN STUDIUL FIABILITĂŢII SISTEMELOR. REPARTIȚIA NORMALĂ

I. Scopul lucrării

Scopul lucrării este prezentarea principalelor legi de distribuţie teoretice posibile de utilizat în studiul fiabilităţii sistemelor şi a metodelor de estimare a parametrilor acestora.

II. Elementele teoretice

În cele mai multe cazuri, caracteristicile de calitate ale produselor industriale se repartizează după <u>*legea*</u> <u>*normală*</u>, deoarece aceste caracteristici de calitate variază sub influenţa unui număr mare de factori întâmplători. Ea se caracterizează prin următoarele mărimi principale:

- Funcţia de repartiţie:

$$F_x\left(x^{'}, m, \sigma\right) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_{-\infty}^{x^{'}} e^{\frac{(x-m)^2}{2 \cdot \sigma^2}} dx; \tag{1}$$

unde: $x \in R$; $m \in R$ si $\sigma > 0$

- Densitatea de repartiţie:

$$f_x(x, m, \sigma) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{\frac{(x-m)^2}{2 \cdot \sigma^2}}; \tag{2}$$

- Parametrii repartiţiei:

$$m = M(x); \tag{3}$$

unde: M(x) reprezintă valoarea medie a variabilei aleatoare;

$$\sigma^2 = D(x); \tag{4}$$

unde: D(x) reprezintă dispersia variabilei aleatoare.

- Funcţia Laplace (cu valori tabelate în Anexa nr.5):

$$\phi(z_p) = \frac{1}{\sqrt{2\cdot\pi}} \cdot \int_0^{z_p} e^{\frac{z^2}{2}} dz; \tag{5}$$

unde: $z = \frac{x-m}{\sigma}$ reprezintă variabilă aleatoare normată;

- Legătura dintre F(x), $\phi(z)$ şi R(x):

$$F(x) = 0.5 + \phi(z);$$
$$R(x) = 0.5 - \phi(z). \tag{6}$$

- Intensitatea căderilor:

$$z(x) = \frac{f(x)}{R(x)}; \tag{7}$$

III. Date experimentale

Din motivele menţionate şi în lucrările anterioare, setul de date experimentale va fi pus la dispoziţie, fiind luat din practica curentă.

Ex. Într-un atelier de reparaţie – întreţinere, după t = 8000 ore de funcţionare, se cunosc următoarele:

✓ intensitatea defectării la sistemul de comandă a maşinii unelte (constatata): $\lambda = 2\cdot 10^{-5}$ [defecţiuni/oră];

✓ fiabilitatea variază după o lege normală (fapt stabilit prin prelucrarea datelor statistice);

✓ media de ore de funcţionare în condiţii bune de funcţionare: m=15000 [ore];

✓ abaterea medie pătrată: σ =3000 [ore].

Se cere să se calculeze indicatorii de fiabilitate pentru diferite perioade de funcţionare (10000 ore; 12000 ore şi 15000 ore), precum şi timpul de la care defecţiunile de uzare trebuie luate în considerare.

IV. Prelucrarea datelor experimentale

1. Rata defectării fiind constantă, pentru perioada de funcţionare observată, indicatorii de fiabilitate se vor calcula cu următoarele relaţii:

$$\hat{R}(t) = e^{-\lambda \cdot 1},\ \hat{F}(t) = 1 - \hat{R}(t),\ \hat{f}(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot 1},\ MTBF = \frac{1}{\lambda}.$$

2. Reducerea fiabilităţii datorită defecţiunilor întâmplătoare se obţine recalculând indicatorii pentru t = 10000 ore, t = 12000 ore şi t = 15000 ore:

$$\hat{R}_1(10000),\ \hat{R}_1(12000),\ \hat{R}_1(15000).$$

3. Reducerea fiabilităţii datorită defecţiunilor provocate de uzură se va calcula cu ajutorul relaţiei (6), pentru:

x = t= 10000; x =t = 12000; x = t = 15000 şi $z = \frac{t-m}{\sigma}$.

Valorile funcţiei Laplace se vor lua din Anexa nr. 5 în funcţie de *z*, rezultând în final valorile:

$$\hat{R}_2(10000),\ \hat{R}_2(12000),\ \hat{R}_2(15000).$$

4. Fiabilitatea totală a maşinii unelte în perioada când au loc atât defecţiuni întâmplătoare, cât şi datorită uzurii, se poate obţine făcând produsul fiabilităţilor calculate anterior:

$\hat{R}_{tot}(t) = \hat{R}_1(t) \cdot \hat{R}_2(t)$, cu t = 10000; 12000; 15000.

5. Intensitatea căderilor în perioada de manifestare a uzurii se va calcula cu relaţiile (2) şi (6).

$x = t = 15000$ ore $\Rightarrow \hat{z}(15000)$ [căderi/oră].

6. Timpul de la care defecţiunile provocate de uzură încep să devină sesizabile se va calcula cu relaţia:

$L = m - 3 \cdot \sigma$ [ore].

7. Cu datele astfel calculate se va completa tabelul 1.

Tabelul 1

t [ore]	$\hat{R}(t_1)$	$\hat{F}(t_1)$	$\hat{f}(t_1)$	$\hat{R}_1(t_1)$	$\hat{R}_2(t_1)$	$\hat{R}_{tot}(t_1)$	$\hat{z}$	L
10000								
12000								
15000								

LUCRAREA NR. 5

FIABILITATEA, MENTENABILITATEA ŞI DISPONIBILITATEA SISTEMELOR

I. Scopul lucrării

Scopul lucrării este studierea fiabilităţii, mentenabilităţii și a disponibilităţii sistemelor mecanice complexe.

II. Elemente teoretice

1.Definiţii:

Fiabilitatea este aptitudinea unui produs de a-şi indeplini funcţia specificată, in condiţii date și de-a lungul unei durate prestabilite.

Mentenabilitatea este posibilitatea ca un sistem să fie repus în stare de funcţionare, în urma unei defecţiuni, într-o perioadă de timp dată.

Disponibilitatea este probabilitatea ca sistemul să fie apt de funcţionare după o durată de timp consumată pentru reparaţii impuse de defecţiunea ce s-a produs după o anumită perioadă de bună funcţionare.

2.Mărimile și relaţiile de calcul pentru parametrii ce caracterizează aceste trei noţiuni sunt:

- pentru indicatorii de fiabilitate ($\hat{f}(t_i)$; $\hat{F}(t_i)$; $\hat{R}(t_i)$; $\vec{t}$; $\vec{k}$; $\hat{z}(t)$), relaţiile de calcul şi definirea lor sunt prezentate în Lucrarea nr.l (relațiile (1), …, (6));

- mentenabilitatea se va calcula în funcţie de tipul legii de distribuţie a datelor experimentale:

$M(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}\right]$ - pentru repartiţie Weibull, (1)

unde: β, γ, η reprezintă parametrii repartiţiei;

$M(t) = 1 - e^{-\mu * t}$ - pentru repartiţie exponenţială, (2)

unde: $\mu = \frac{1}{MTR}$; MTR - media timpului de reparare;

- disponibilitatea este caracterizată prin:

$MTBF = \frac{\sum t_i}{N}$ - media timpilor de bună funcţionare (t_i), (3)

$\lambda = \frac{1}{MTBF}$ - rata defectărilor, (4)

$A = \frac{MTBF}{MTBF+MTR}$ - coeficient de disponibilitate (numai la legea exponenţială), (5)

Disponibilitatea, fiind un indicator mai complex al fiabilitaţii, se poate calcula cu relaţia:

$A(t) = R(t) + Q(t) \times M(t)$, (6)

unde: $Q(t) = 1 - R(t)$ - nonfiabilitatea la timpul t.

III. Date experimentale

Pentru a fi operaţionale, calculele aferente de fiabilitate, mentenabilitate şi disponibilitate se fac pe baza datelor culese din exploatarea curentă.

Aceste date se extrag din aşa numitele "Rapoarte de exploatare", care se completează de către beneficiari imediat după constatarea uneidefectări şi se transmit semestrial intreprinderii producătoare. Astfel, din "Rapoartele de exploatare" a unui lot de 70 de aparate de copiat observate pe durata primelor 20000 ore, cât reprezintă perioada de garanţie, se extrag valorile orelor de funcţionare, în ordinea ieşirilor din funcţionare a aparatelor:

100; 150; 190; 205; 215; 350; 385; 402; 405; 428; 470; 513; 542; 623; 683; 700; 750; 790; 805; 865; 1100; 1125; 1400; 1450; 1675; 2005; 2150; 2300; 2500; 3100; 4200; 4550; 5020; 5910; 6180; 7005; 8250; 8510; 8900; 9200; 9500; 9830; 9990; 10010; 10230; 10410; 10500; 12500; 12830; 14000; 14800; 15000; 15205; 15208; 16100; 17004; 17208; 17400; 18000; 18500; 19000; 19100; 19240; 19310; 19500; 19520; 19605; 19708; 19820; 20000.

Numărul elementelor lotului studiat trebuie să fie mare (N>25), pentru ca rezultatele calculelor să fie cât mai veridice.

IV. Prelucrarea datelor experimentale

1. Înainte de a trece la construcţia propriu-zisă a repartiţiei statistice, trebuie să stabilim cele două şiruri de date experimentale, de plecare:

- primul, referitor la cele **n** intervale de timp de bună funcţionare, t_i (i = 1,2,..., n)

- cel de-al doilea, la numărul defecţiunilor înregistrate în decursul intervalelor respective, k_i(i=1,2,..., n).

Mărimea intervalului poate fi calculată cu relaţia:

$$a = \frac{t_{max} - t_{min}}{1 + 3.322 * lnN}, \quad (7)$$

unde: $t_{max} = 20000$,$t_{min} = 100, N = 70$.

2. Indicatorii de fiabilitate ($\hat{f}(t_i)$; $\hat{F}(t_i)$; $\hat{R}(t_i)$; $\hat{z}(t)$) se calculează cu relaţiile (1), ..., (6) din Lucrarea nr.l, după care se completează tabelul 1.

Tabelul 1

Numărulintervalului (i)	Intervalele de observație (ore)	Numărul de căderi (k_i)	Exemplare rămase în funcțiune ($N - k_i$)	$\hat{f}(t_i)$	$\hat{F}(t_i)$	$\hat{R}(t_i) = \frac{N - k_i}{N}$	$(t_i) = \frac{k_i}{a * (N - k$
0	1	2	3	4	5	6	7
- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -

3. Pentru a putea surprinde modificarea regimului de ieşire din funcţiune a aparatelor de copiere se determină aşa numitele caracteristici locale ale fiabilităţii:

- densitatea de defectare, calculată ca raport între numărul defectărilor înregistrate într-un interval ($\boldsymbol{k_i}$) și mărimea intervalului (a);

- intensitatea de defectare, $z(t)$, care indică ponderea exemplarelor defectate în decursul intervalului față de efectivul existent la începutul intervalului respectiv;

- abaterea standard a valorilor faţă de medie ($\boldsymbol{\hat{\sigma}}$), ce caracterizează şansa de supravieţuire a produselor, respectiv a timpului de bună funcţionare:

$$\hat{\sigma} = [\frac{\sum(t_i - \vec{t})^2 * k_i}{N}]^{1/2}, \tag{8}$$

unde:

$$\vec{t} = \frac{\sum_i^n t_i * k_i}{N}, \tag{9}$$

- coeficientul de variaţie (C_v), care oferă o imagine sintetică a împrăştierii valorilor faţă de medie:

$$C_v = \frac{\hat{\sigma}}{MTBF}\,[\%], \qquad (10)$$

Cu valorile calculate pentru aceste caracteristici locale se completează tabelul 2.

Tabelul 2

Intervalul (i)	Media intervalului (t_i)	$\boldsymbol{k_i}$	$\boldsymbol{k_i} \cdot t_i$	$t_i - \bar{t}$	$(t_i - \bar{t})^2 \cdot \boldsymbol{k_i}$	$\hat{\sigma}$	C_v
0	1	2	3	4	5	6	7
- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
TOTAL							

4. Pentru calculul mentenabilităţii se vor utiliza timpii efectivi de reparație $t_i^{'}$ extrași din "Raportul de exploatare", corespunzător sumei defecţiunilor accidentale (valori ordonate crescător): 1; 2; 3; 3; 4; 6; 6; 7; 8; 10; 10; 10; 11; 12; 12; 13; 14; 14; 15; 15; 15; 15; 16; 16; 16; 16.5; 17; 17; 18.5; 18.5; 19; 19; 20; 20.5; 20.5; 20.5; 21; 21; 21; 21; 21; 22; 22.5; 22.5; 22.5; 24; 24; 24; 24.5; 24.5; 25; 25; 25; 25; 25; 25; 26; 26; 27; 27; 27.5; 27.5; 27.5; 29; 30; 30; 35; 38; 40; 45[ore]. Pe baza acestor date se calculează media timpilor de reparare:

$$MTR = \frac{\sum t_i^{'}}{(N-1)}$$

și mentenabilitatea cu relaţia (2), pentru diferite valori ale lui *t* (8; 16; 24). Se va trage concluzia cu privire la variaţia probabilităţii ca aparatul

de copiere să fie reparat în funcţie de creşterea timpului destinat reparaţiei.

5. Disponibilitatea se va calcula cu relaţia (6), pentru diferite valori ale lui t și t'. Se vor trage concluzii privind disponibilitatea aparatelor de copiere, după un anumit timp de funcţionare (t), presupunând că operaţia de mentenanţă se va realiza în t' ore.

LUCRAREA NR. 6

FIABILITATEA SISTEMELER SERIE, PARALEL ȘI MIXT

I. Scopul lucrării

Scopul lucrării este prezentarea modelelor și a metodelor utilizate în calcul fiabilitaților sistemelor (cu aplicație la cutia de viteze de la autoturismul DACIA 1300).

II. Elemente teoretice

In mod obișnuit, fiabilitatea unui sistem se studiază în ipoteza că fiecare element al sistemului se poate găsi în două stări: starea de funcționare și starea de nefuncționare (defect). Pe baza acestei ipoteze se poate considera, de asemenea, că:

- ✓ Sistemul are, la rândul său, numai aceleași două stări posibile.
- ✓ Fiecare element e_i al sistemului (i = 1,2,...,n) are o durată de viață aleatoare (T_i). Elementul e_i este în stare de funcționare în intervalul de timp $(0,T_i)$ și în stare de defectare după momentul T_i.
- ✓ Variabilile aleatoare T_i sunt independente. Potrivit ipotezelor de mai sus, condițiile de utilizare a sistemului fiind specificate prin fiabilitățile elementelor acestuia (R_i), sistemul este caracterizat, la rândul sau, prin fiabilitatea R, sau nonfiabilitatea (probabilitatea de defectare) Q = 1-R.

Problema fundamentală în analiza fiabilității sistemelor constă în stabilitatea expresiei analitice de calcul al lui R, pentru anumite valori luate de variabila R_i (fiabilitățile elementelor). Dacă se cunoaste funcția de structură a sistemului $F = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, ($x_i$ = variabile aleatoare care reprezintă starea elementului e_i la momentul t), atunci funcția de fiabilitate a sistemului respectiv se obține simplu prin înlocuirea variabelelor x_i cu probabilitățile R_i (în funcție de structură):

$$f(R) = f(R_1, R_2, \dots, R_n)$$

sau ; (1)

$$(R) = (R_1, R_2, \dots, R_n)$$

Fiabiliatatea sistemelor cu structură de tip serie

Considerând că defectările elementelor e_i (i = 1,2,...n) sunt evenimente independente și ținând seama de expresia funcției de structură *f(x)*, fiabilitatea sistemului va rezulta din expresia funcției de fiabilitate h(R):

$$f(x) = \prod_1^n x_i => h(R) = \prod_1^n R_i \ , \quad (2)$$

unde R_i (i=1,2,...n) este fiabilitatea elementului e_i.

Întrucât $0 \leq R_i \leq 1$ rezultă ca fiabilitatea sistemului de tip serie este mai mică decât fiabilitatea oricărui element și se micsorează odata cu cresterea numărului de elemente e_i. Nonfiabilitatea sistemului cu structură de tip serie se obține din expresia:

$$\mathrm{h(Q)} = 1 - \prod_{\mathrm{t}=1}^{\mathrm{n}} (1 - \mathrm{Q_i}). \quad (3)$$

Intensitatea de defectare, la aceste sisteme, se obține prin însumarea intensităților de defectare ale elementelor:

$$z(t) = z_1(t) + \cdots + z_n(t); \quad (4)$$

Media timpilor de bună funcționare va fi, în acest caz:

$$MTBF = \frac{1}{\frac{1}{T_{01}}+\cdots+\frac{1}{T_{0n}}}; \quad (5)$$

unde T_{01} reprezintă timpul mediu de bună funcționare fară defecțiuni ale sistemului e_i (i=1,2,...n).

Pentru sistemele de structură de tip serie reparabile, intensitatea de reparare μ este :

$$\mu = \frac{\lambda}{\frac{\lambda_1}{\mu_1}+\cdots+\frac{\lambda_n}{\mu_n}}; \quad (6)$$

unde: $\lambda = \frac{1}{MTBF}$; λ_1 si μ_1 - intensitățile de defectare, respectiv de reparație ale elementului e_i.

Media timpilor de reparare a sistemului va fi:

$$MTR = \frac{1}{\mu}. \quad (7)$$

Fiabilitatea sistemelor de structuri de tip paralel

Cunoscând funcția de structură a acestui sistem:

$$f(x) = 1 - \prod_{i=1}^{n}(1 - x_i); \quad (8)$$

mărimile menționate la cazul anterior se vor calcula cu relațiile:

- funcția de fiabilitate: $h(R) = 1 - \prod_{t=1}^{n}(1 - R_i)$; (9)
- funcția de nonfiabilitate: $h(Q) = 1 - \prod_{t=1}^{n} Q_i$; (10)
- media timpilor de bună funcționare :

$$MTBF = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{2\cdot\lambda_2} + \cdots + \frac{1}{n\cdot\lambda_n};$$

(11)

- intensitatea de reparare: $\mu = \mu_1 + \mu_2 + \cdots + \mu_n$; (12)

Fiabilitatea sistemelor cu structură mixtă

Funția de structură, în formă generală, este dată de una din exprestiile:

$$f(x) = 1 - \prod_{j=1}^{k}\left(1 - \prod_{\substack{i \\ e_i \in b_j}} x_i\right); \tag{13}$$

sau

$$f(x) = \prod_{j=1}^{k}\left[1 - \prod_{\substack{i \\ e_i \in b_j}} (1 - x_i)\right]; \tag{14}$$

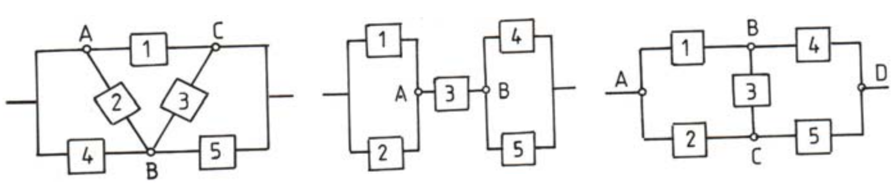
unde: k_j reprezintă numărul de subansambluri minimale de legatură sau întrerupere (j = 1,2,....,k);

a_j - subansambluri minimale de legatură;

b_j - subansambluri minimale de intrerupere;

e_i - numărul de elemente din sistem (i = 1,2,...,n).

Fie că este exprimată pe baza subansamblurilor de legatură (relația 13), fie pe cea a subansamblurilor de întrerupere (relația 14), funcția de fiabilitate trebuie, în primul rând, să fie simplificată și apoi să se efectueze calcule cu ea. Simplificarea se face considerând elementele sistemului legate între ele sub una din formele: triunghi - figura 1.a; stea - figura 1.b; punte - figura 1.c.



a) b) c)

Fig. 1

Pentru cazul legării în triunghi a elementelor sistemului definit de cele 5 elemente $e = \{e_{1,}e_2, e_3, e_4, e_5\}$ are, conform schemei logice de fiabilitate - figura 1.a, cinci subansambluri minimale de legătura și două de întrerupere:

a_5: $\{e_1\}, \{e_2, e_3\}, \{e_2, e_5\}, \{e_3, e_4\}, \{e_4, e_5\}$,

b_2: $\{e_{1,}e_2, e_4\}, \{e_{1,}e_3, e_5\}$.

Conform relațiilor (13) și (14), funcția de structură, se poate scrie :

$j(x_{1,}x_2, x_3, x_4, x_5) = 1 - (1 - x_1) \cdot (1 - x_2 \cdot x_3) \cdot (1 - x_3 \cdot x_4) \cdot (1 - x_4 \cdot x_5)$,

sau

$f(x_{1,}x_2, x_3, x_4, x_5) = [1 - (1 - x_1) \cdot (1 - x_2) \cdot (1 - x_4)] \cdot [1 - (1 - x_1) \cdot (1 - x_3) \cdot (1 - x_3)]$.

Pentru cazul legării elementelor sistemului în stea - figura 1.b, avem:

a_5: $\{e_1, e_3, e_4\}, \{e_1, e_3, e_5\}, \{e_2, e_3, e_4\}, \{e_2, e_3, e_5\}$,

b_2: $\{e_3\}\{e_{1,}e_2\}, \{e_4, e_5\}$.

$f(x_{1,}x_2, x_3, x_4, x_5) = 1 - (1 - x_1 \cdot x_3 \cdot x_4) \cdot (1 - x_1 \cdot x_3 \cdot x_5) \cdot (1 - x_2 \cdot x_3 \cdot x_4) \cdot (1 - x_2 \cdot x_3 \cdot x_5)$, sau

$f(x_{1,}x_2, x_3, x_4, x_5) = [1 - (1 - x_3)] \cdot [1 - (1 - x_1) \cdot (1 - x_2)] \cdot [1 - (1 - x_4) \cdot (1 - x_5)]$.

Pentru cazul legării elementelor în punte - figura 1.c, avem:

a_4: $\{e_1, e_4\}, \{e_2, e_5\}, \{e_1, e_3, e_5\}, \{e_2, e_3, e_4\}$,

b_4: $\{e_1, e_2\}, \{e_4, e_5\}, \{e_1, e_3, e_5\}, \{e_2, e_3, e_4\}$.

$f(x_{1,}x_2, x_3, x_4, x_5) = 1 - (1 - x_1 \cdot x_4) \cdot (1 - x_2 \cdot x_5) \cdot (1 - x_1 \cdot x_3 \cdot x_5) \cdot (1 - x_2 \cdot x_3 \cdot x_4)$,

$f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = [1-(1-x_1)\cdot(1-x_2)]\cdot[1-(1-x_4)\cdot(1-x_5)]\cdot[1-(1-x_1)\cdot(1-x_3)\cdot(1-x_5)]\cdot[1-(1-x_2)\cdot(1-x_3)\cdot(1-x_4)].$

În toate cazurile, după simplificări, prin înlocuirea variabelelor x_i = 1,2,.....5 cu probabilitățile de funcționare ale elementelor R_i se va obține funcția de fiabilitate *h(R)* a sistemului.

Fiabilitatea sistemului (R) se poate calcula cu expresiile:

$$R = \sum_{j=1}^{k} P\{A_j\} - \sum_{j+m}^{k} P\{A_j A_m\} + \cdots + (-1)^{k-1}\cdot P\{A_1 A_2 \ldots A_k\}; \quad (15)$$

sau

$$R = 1 - \sum_{j=1}^{k} P\{\bar{B}_j\} + \sum_{j+m}^{k} P\{\bar{B}_j \bar{B}_m\} + \cdots + (-1)^{k-1}\cdot P\{\bar{B}_1 \bar{B}_2 \ldots \bar{B}_k\} \quad (16)$$

unde:

A_j - evenimentul ca toate elementele subasamblului minimal de legătura a_j să fie în stare de funcționare;

$\bar{B}_j$ - evenimentul complentar lui B_j = evenimentul ca toate elementele subasamblului minimal de întrerupere b_j să fie în stare de funcționare.

$P\{A_{r1,} A_{r2,} + \cdots + A_{rn,}\} = p_{s1} . p_{s2} .... p_{sn}$ sau
$P\{B_{r1}, B_{r2,.......}, B_{rn}\} = q_{s1} . q_{s2} \cdot \ldots . \cdot q_{sn};$

$s_1, s_2, \ldots, s_r$ - numărul tuturor elementelor ce fac parte din subasamblurile de legătura $a_{r1}, a_{r2}, \ldots, a_{rn}$;

$s_1^{'}, s_2^{'}, \ldots, s_n^{'}$ - numărul tuturor elementelor ce fac parte din subasamblurile de întrerupere $b_{r1} b, \ldots, b_{rn}$;

p_{si} - fiabilitatea elementului respectiv;

$q_{si} = 1 - p_{si}$

III. Date experimentale

Lucrarea electuându-se experimental pe cazul cutiei de viteze autoturismului Dacia 1300 existente în laborator (fizic – secționată și sub formă de planșă), se vor indica, în prealabil, fiabilitatea elementelor componente:

$P_{RDC_1} = 0.85$; $P_{RDC_2} = 0.92$; $P_{RDC_3} = 0.87$; $P_{RDC_4} = 0.93$; $P_{RDC_5} = 0.95$;

$P_{RDK_1} = 0.86$; $P_{RDK_2} = 0.94$. Precizia de calcul: 0.000001.

IV. Prelucrarea datelor experimentale

1. În prealabil, se va întocmi schema cinematică a cutiei de viteze respective.
2. Se va întocmi schema logică de fiabilitate, indicind numărul și substructura subansamblurilor minimale de legatură (a_λ) și de întrerupere (b_k).
3. Cu ajutorul uneia din relațiile (13) sau (14) se va stabili forma generală a funcției de structură $f(x_i)$.
4. Fiabilitatea sistemului se va calcula cu una din relațiile (15) sau (16), calculând în prealabil sumele:

$\sum_{j=1}^{k} P\{A_j\}\ sau \sum_{j=1}^{k} P\{\bar{B}_j\}$.

$\sum_{j,m}^{k} P\{A_j\, A_m\}\ sau \sum_{j,m}^{k} P\{\bar{B}_j\, \bar{B}_m\}$.

$\sum_{j,m,r}^{k} P\{A_j\, A_m A_r\}\ sau \sum_{j,m,r}^{k} P\{\bar{B}_j\, \bar{B}_m \bar{B}_r\}$.

$\sum_{j,m,r,s}^{k} P\{A_j\, A_m A_r A_s\}\ sau \sum_{j,m,r,s}^{k} P\{\bar{B}_j\, \bar{B}_m \bar{B}_r \bar{B}_s\}$.

Întrucât trebuie precizată, ca dată inițială de calcul, precizia de calcul a fiabilității, calculul se poate încheia la un $s < k$, dacă ultima sumă a probabilităților este mai mare decât precizia prevazută:

$$\sum_{j,m,r,s}^{k} P\{A_j\, A_m A_r A_s\} \geq 0.000001.$$

Dacă numărul elementelor sistemului este mic ($n \leq 5$) se recomandă luarea în calcul a tuturor termenilor funcției de fiabilitate.

LUCRAREA NR. 7

IMPLICAŢIILE ECONOMICE ALE FIABILITĂŢII

A. Scopul lucrării

Lucrarea are drept scop prezentarea unei metode de calcul pentru implicaţiile economice ale fiabilităţii.

B. Elemente teoretice

Creşterea fiabilităţii unui produs are următoarele implicaţii asupra cheltuielilor:

- Creşterea preţului de cost la constructor;
- Reducerea cheltuielilor la utilizator.

Dificultatea obţinerii datelor de la constructor face ca în calcul să se plece de la preţul de vânzare al produsului cu fiabilitate îmbunătăţită. Prezentarea unei metode de calcul pentru un anumit produs este relevantă deoarece arată substanţa și componenţa specifică a metodelor ce trebuie întocmite pentru orice alt produs. În lucrare se va prezenta o metodă de calcul aplicată unui parc de autovehicule de transport urban, metodă ce va indica complicaţiile creșterii fiabilităţii, cu mărirea preţului de cumpărare, asupra transportului pe întreaga durată de viaţă a vehiculului.

În tabelul 1 sunt listate cheltuielile de transport ale autobuzelor pe întreaga lor durată de viață.

Tabelul 1

Nr.	Mărimea	Simbolul	Unitatea de măsură	Observaţii
0	1	2	3	4
I	Preţul de cumpărare	P_c	UM	UM=unitate monetară
II	Durata de viață	V	an	
III	Parcusul în durata de viată	K	km	
IV	Numărul de revizii	p	-	Normat: 2
V	Numărul de revizii intermediare	q	-	Normat: 3
VI	Parcursul anual	K_a	Km/an	K_a=K/V
A	***Cheltuieli fixe***			
1	Preţul de cumpărare	P_{cf}	UM	
2	Taxe	T	UM	Reprezintă 6%pe an din valoarea autobuzului. S-a luat o medie anuală de 3%. Deci $T = 0.03 P_c V$
3	Asigurări	A	UM	Cu costul anualA_a rezultă $A = VA_a$
4	Cheltuieli generale	G_f	UM	Includ și cheltuielile administrative, întreţinerea clădirilor etc. Notând

				cheltuielile generale anuale G_{fa} rezultă $G_f = VG_{fa}$
B	***Salarii***	S	UM	Cu S_a pentru un an, $S = VS_a$
C	***Cheltuieli variabile***			
1	Combustibil	C_0	UM	
2	Lubrifianţi	L	UM	Cu excepţia primului set
3	Anvelope, camere	a	UM	
4	Intreţinere	I	UM	
5	Reparaţii curente	R	UM	
6	Revizii generale	r_g	UM	Normat: 2
7	Reviziii ntermediare	r_t	UM	Normat: 3
	Cheltuieli totale pe durata de viață	C_r	UM	$C_r = P_{cf} + T + A + G_g + S + C_0 + L + $ $+ a + I + R + r_g + r_t$
	Cheltuieli totale medii (la km parcurs)	C_M	UM	$C_M = C_r : K$

În tabelul 2 sunt listate cheltuielile de transport pentru autovehiculele cu durată de viață crescută (cu *x*%) şi cu preţ de cumpărare crescut (cu *y*%). Dacă *x* este suficient de mare, iar *y* este suficient de mic, modificările autovehiculului pentru creşterea fiabilităţii sunt eficiente din punct de vedere economic. Mărimile ce pot fi influenţate fie de creşterea preţului autovehiculului, fie de

mărirea duratei de viaţă , fie de amandoi aceşti factori , sunt identificate prin asterisc.

Tabelul 2

Nr.	Mărimea	Simbolul	Unitatea de măsură	Observaţii
0	1	2	3	4
I	Preţul de cumpărare	P_c^*	UM	Este crescut cu *y%,* deci $P_c^* = P_c\left(1+\frac{y}{100}\right)$
II	Durata de viaţă	V^*	an	Creşte cu *x%,* deci $V^* = V\left(1+\frac{x}{100}\right)$
III	Parcursul în durata de viaţă	K^*	km	Creşte cu *x%,* deci $K^* = K\left(1+\frac{x}{100}\right)$
IV	Numărul de revizii generale	p	-	$p = 2$ (cel normat)
V	Numărul de revizii intermediare	q	-	$q = 3$ (cel normat)
VI	Parcursul anual	K_a^*	km	$K_a^* = K_a = K/V$
A	***Cheltuieli fixe***			
1	Preţul de cumpărare	P_{cf}^*	UM	Creşte cu *y%* , deci

				$P_{cf}^* = P_c^* = P_c\left(1+\frac{y}{100}\right)$
2	Taxe	T^*	UM	Depinde de preţul şi durata de viaţă a vehiculului, deci $T^* = 0.03P_{cf}^* V^*$
3	Asigurări	A^*	UM	Depind de durata de viaţă, deci $A^* = A\left(1+\frac{x}{100}\right)$
4	Cheltuielige nerale	G_f^*	UM	Depind de durata de parcurs, deci $G_f^* = G_f\left(1+\frac{x}{100}\right)$
B	***Salarii***	S^*	UM	Depind de durata de parcurs, deci $S^* = S\left(1+\frac{x}{100}\right)$
C	***Cheltuieli variabile***			
1	Combustibil	C_0^*	UM	Depind de durata de parcurs, deci $C_0^* = C_0\left(1+\frac{x}{100}\right)$
2	Lubrifianţi	L^*	UM	Depind de parcurs, deci $L^* = L\left(1+\frac{x}{100}\right)$
3	Anvelope, camere	a^*	UM	Se presupune o creştere a duratei medii şi deci şi a costuluilor, deci $a^* = a\left(1+\frac{y}{100}\right)$

4	Întreţinere	I^*	UM	Datorită creşterii duratei de viaţă a majorităţii componentelor, intervalele dintre operaţiile de întreţinere pot fi mărite. Creşterea cu *x%* ce depinde de parcurs se raportează numai la o anumită parte a cheltuielilor, în general *n%*. Deci: $I^* = I + I\frac{n}{100}.\frac{x}{100}$
5	Reparaţii curente	R^*	UM	Intervalele dintre reparaţiile componentelor cresc. Cheltuielile de reparaţie pentru defectări depind de parcurs, crescând cu *x%*. Partea din cheltuieli corespunzătoare acestor cauze se notează cu *u%* și va crește deci cu *x%*. Datorită creșterii prețului de cumpărare al autobuzului, vor crește și cheltuielile pentru piese de schimb. Cheltuielile acestea se presupune că sunt *t%* din cheltuielile totale de reparații curente. Creșterea cu *y%* corespunde numai acestei părți. Prin urmare: $R^* = R + R\frac{u}{100}.\frac{x}{100} + R.\frac{t}{100}.\frac{y}{100}$
6	Revizii generale	r_g^*	UM	Pentru motivele precedente, creşterea cheltuielilor va afecta numai o parte a cheltuielilor totale, notată cu *z%*. Cheltuielile pentru

				piesele de schimb pentru reviziile generale se ridică la *w%* din cele totale. Prinu rmare: r_g^*=r_g+$r_g \frac{z}{100} \cdot \frac{x}{100}$+$r_g \frac{w}{100} \cdot \frac{y}{100}$
7	Revizii intermediare		UM	În condiții similare celor precedente și datorită faptului că o singură revizie intermediară se ridică la aproximativ 60% din cheltuielile reviziilor generale, urmează că r_i^*=$\frac{0,6\ r_g^*}{2} \cdot 3$
	Cheltuielilet otale pe durata de viaţă	C_T^*	UM	C_T^*=P_{cf}^*+T^*+A^*+G_f^*+$S^* + C_o^* + L^* + a^* + I^* + R^* + r_g^* + r_i^*$
	Cheltuielile totale medii (la km parcurs)	C_M^*	UM	C_M^*=C_T^*:K^*
	Economia în durata de viaţă mărităfaţă de autobuzul original	E	UM	E=(C–C_M^*)· K^*
	Economia precedentă raportată la preţul de cumpărare	e	%	e= $\frac{E}{P_c^*}100$

C. Date experimentale

Cheltuielile totale pentru autobuzul cu fiabilitate crescută C_T^* vor fi mai mari decât cele aferente autobuzului original C_T, dar cheltuielile medii specifice, raportate la km parcurs, C_M^*, vor fi mai reduse. Prin urmare, pentru fiecare km parcurs de către autobuz, utilizatorul câştigă valoarea $C_M - C_M^*$ care, multiplicată cu numărul de km parcurşi K^*(care este mai mare decât cel din cazul autobuzului original, K), reprezintă economia totală E pe durata de viaţă a autobuzului. Numărul de km parcurşi într-un an rămâne neschimbat pentru ambele cazuri ($K_a^* = K_a$), deoarece varianta de autobuz cu fiabilitate crescută va fi exploatată în cadrul aceluiaşi program de parcurs anual ca şi varianta originală. Ultima mărime calculată este aceea a economiei totale exprimată în procente din preţul de cumpărare al autobuzului.

D. Prelucrarea datelor experimentale

Rezultatele numerice ale metodei de calcul se reprezintă conform figurilor 1 si 2. Ele vor ilustra efectul creşterii duratei de viaţă, respectiv al măririi fiabilităţii (fără creşterea duratei de viaţă) asupra cheltuielilor de transport ale unui autobuz.

Se calculează efectele creşterii fiabilităţii până la 30% şi ale majorării preţului la cumpărare până la 20%, rezultatele fiind exprimate în valori monetare, în durata de viaţă, în procente faţă de preţul original al autobuzului şi în costul transportului la km parcurs. Valorile sunt pozitive atunci când reprezintă economii şi negative când sunt pierderi. Datele vor arăta limita până la care este util să crească preţul autobuzului, dacă se doreşte ca majorarea realizată a fiabilităţii să aducă beneficii. Concluzia desprinsă din analiza rezultatelor se va referi la posibilităţile de creştere substanţiale ale beneficiilor prin ridicarea fiabilităţii autobuzelor, cu o creştere cât mai redusă a preţului de cumparare.

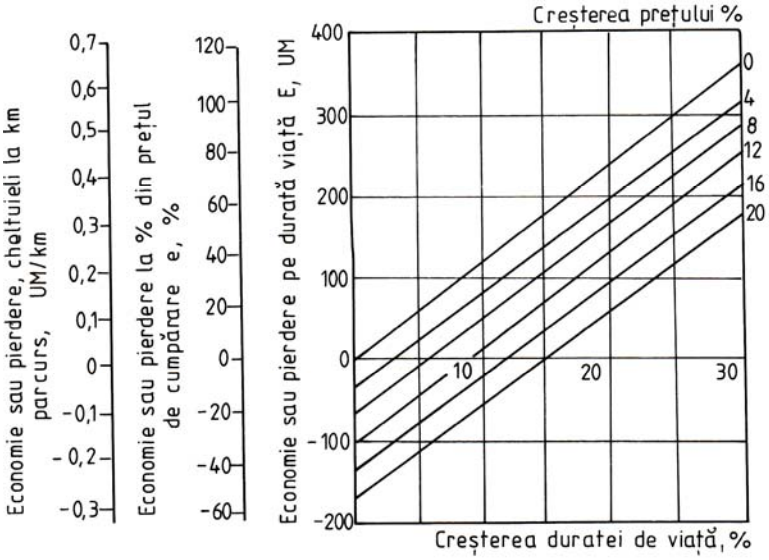

Creșterea prețului %
Economie sau pierdere, cheltuieli la km parcurs, UM/km
Economie sau pierdere la % din prețul de cumpărare e, %
Economie sau pierdere pe durată viață E, UM
Creșterea duratei de viață, %
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
-0,1
-0,2
-0,3
120
100
80
60
40
20
0
-20
-40
-60
400
300
200
100
0
-100
-200
10
20
30
0
4
8
12
16
20

Fig. 1

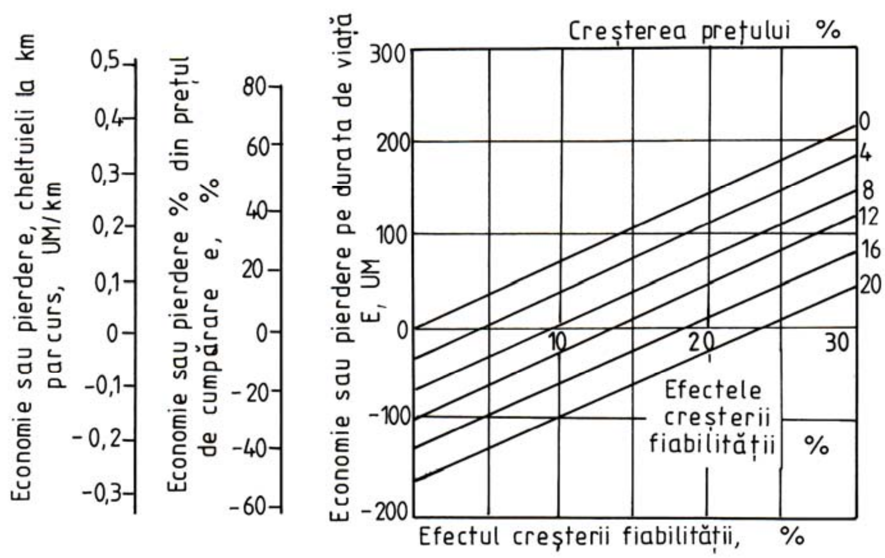

Creșterea prețului %
Economie sau pierdere, cheltuieli la km parcurs, UM/km
Economie sau pierdere % din prețul de cumpărare e, %
Economie sau pierdere pe durata de viață E, UM
Efectele creșterii fiabilității %
Efectul creșterii fiabilității, %
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
-0,1
-0,2
-0,3
80
60
40
20
0
-20
-40
-60
300
200
100
0
-100
-200
10
20
30
0
4
8
12
16
20

Fig. 2

LUCRAREA NR. 8

EFICIENȚA ECONOMICĂ DE UTILIZARE A UNUI PRODUS

I. Scopul lucrării

Lucrarea are drept scop prezentarea metodei de calcul ce precizează condițiile în care utilizarea produsului în timp este rentabilă.

II. Elemente teoretice

Pentru îndeplinirea acestui deziderat ce impune ca utilizarea produsului să se desfaşoare în timp cu cheltuieli totale inferioare beneficiilor pe care le generează utilizarea produsului. În cadrul unei metode unitare, este necesar totuşi să se considere în mod separat cazul produselor la care nu se prevad defectări (I), de cazul în care acestea sunt previzibile (II).

<u>Cazul I</u>

Condiția generală de calcul economic poate fi exprimată prin inegalitatea:

$$\textit{Venituri} \geq \textit{Cheltuieli normale de funcționare} \qquad (1)$$

Prin noțiunea de venituri se înțeleg resursele necesare înlocuirii produsului uzat după o anumită durată de viața a acestuia.

$$\textit{Venituri} = \textit{Cheltuieli normale de funcționare} + \textit{Cota de beneficiu}$$

Cheltuielile normale de funcționare pot fi sintetizate printr-o relație care exprimă creşterea lor, prin intermediul unui cost specific K_n al funcționarii normale:

$$K_n \cdot t \qquad (2)$$

Cota de beneficiu se poate aprecia ca o fracțiune a cheltuielilor normale precedente, prin intermediul unui coeficient de beneficiu C_b:

$$C_b \cdot (K_n \cdot t) \qquad (3)$$

$$Veniturile = K_n\, t + C_b \cdot K_n \cdot t = K_n \cdot t \cdot (1 + C_b) \qquad (4)$$

Cheltuielile de funcționare au urmatoarea componență:

- prețul inițial de achiziționare al produsului – P_t;
- cheltuielile normale de funcționare (rel. 2) ;
- cheltuielile de punere în funcțiune a produsului – k;
- costul investiției necesare înlocuirii produsului uzat cu altul nou, al cărui preț s-a modificat în timp după fluctuația pieței:

$$P_t + K_v \cdot P_t \cdot t \qquad (5)$$

unde K_v este cuantumul variației de timp a prețului.
Deci cheltuielile de funcționare sunt:

$$P_t + K_n\, t + k + P_t + K_v P_t t \qquad (6)$$

Inegalitatea (1) devine:

$$K_n\, t\, (1+C_b) \geq P_t(2+K_v t)+K_n t+k \qquad (7)$$

În foarte multe cazuri, cheltuielile de punere în funcționare sunt valoric neglijabile, deci k = 0:

$$K_n\, t\,(1+C_b) \geq P_t(2+K_v t)+K_n t \tag{8}$$

relație care poartă numele de „condiție de supravețuire" (reprezentată grafic în figura 1).
Durata de funcționare se deduce din relația (8):

$$t \geq \frac{2P_t}{K_n C_b - P_t K_v} \tag{9}$$

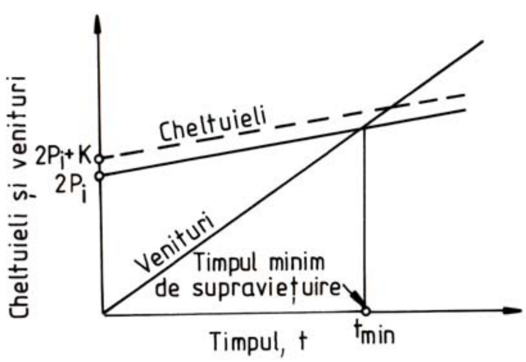


Fig. 1

Evident,

$$K_n C_b - P_t K_v > 0 \Rightarrow C_b > P_t \frac{k_v}{k_n} \tag{10}$$

Cota beneficiului, pe de o parte, nu poate fi oricât de mare şi nu este, pe de altă parte, admisibil sa fie prea mică.

$$C_{b\,min} \leq C_b \leq C_{b\,max} \tag{11}$$

Din relația (10) reiese că beneficiile substanțiale pot fi obținute atunci când cheltuielile întreținerii sunt reduse (se micşorează valoarea lui K_n). Din relația (8) rezultă şi cota beneficiului:

$$C_b \geq \frac{P_t\left(2+K_v t\right)}{K_n t} \tag{12}$$

Considerând semnul egalității, relația (12) reprezintă hiperbola reprezentată în figura 2.

Evaluând o valoare pentru beneficiu maxim posibil (C_{bmax}) se poate obține valoarea corespunzatoare a duratei de viață minimă necesare (t_{min}) sau evaluând durata de viața previzională (t_{prev}) se poate determina valoarea minimă necesară a cotei de beneficiu (C_{bmin}). În concluzie, relațiile prezentate dau posibilitatea de a evalua cota de beneficiu necesară pentru constituirea resurselor necesare înlocuirii produsului uzat după o anumită durată de viață a acestuia.

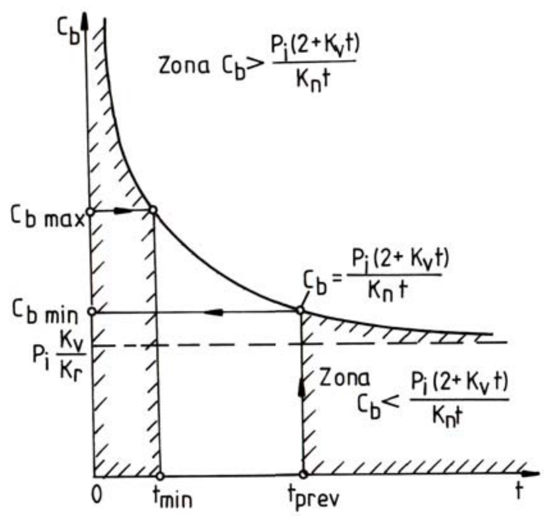


Fig. 2

Cazul II

În acest caz, în cheltuielile totale de funcționare trebuie înscrise şi cele aferente repunerii în starea de funcționare:

- cheltuielile de reparații – *R*;
- cheltuielile (pierderile) prin întreruperea funcționării - *I*.

Aceste cheltuieli trebuie compensate față de probabilitatea de defectare a produsului. Acceptând un model parabolic de variație a acesteia - figura 3, rezultă:

$$t^2 = xp \tag{13}$$

Impunând ca la probabilitatea de defectare $P_{0,5}$ = 1/2, timpul de funcționare să aibă valoarea $t_{0,5}$, rezultă:

$$x = 2t_{0,5}^2$$

Deci relația (13) devine:

$$t^2 = 2t_{0,5}^2 \cdot p \tag{14}$$

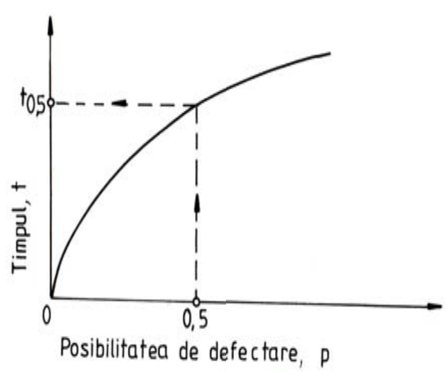


Fig. 3

Probabilitatea de defectare este:

$$p = \frac{t^2}{2t_{0,5}^2} \tag{15}$$

Cheltuielile ($R + I$) fiind comensurate prin probabilitatea de defectare, contribuția lor în cadrul celor totale este:

$$D = (R + I)p = (R + I)\ \frac{t^2}{2t_{0,5}^2} \tag{16}$$

Inegalitatea (1) devine:

$$K_n\ t\ (1+C_b) \geq P_i(2+K_v t)+K_n t+k+ (R+I)\ \frac{t^2}{2t_{0,5}^2} \tag{17}$$

care, considerând şi $k = 0$, devine:

$$2P_i + (P_i K_v - K_n C_b)t +(R+I)\ \frac{t^2}{2t_{0,5}^2}\ \leq 0 \tag{18}$$

Egalând cu zero se pot determina cele doua soluții (t_1 şi t_2) între care se gaseşte domeniul de supravieţuire - figura 4:

$$t = \frac{\left(K_n C_b - P_i K_v\right) \pm \left[\left(K_n C_b - P_i K_v\right)^2 - 4P_t\,\frac{R+1}{t_{0,5}^2}\right]^{1/2}}{\left(R+I\right)/\,t_{0,5}^2} \tag{20}$$

Pentru ca să existe două soluții este evident:

$\left(K_n C_b - P_i K_v\right)^2 - 4P_i \dfrac{R+1}{t_{0,5}^2}$, de unde rezultă:

$$t_{0,5} \le \frac{2\left[P_i\left(R+I\right)\right]^{1/2}}{K_n C_b - P_i K_v} \qquad (21)$$

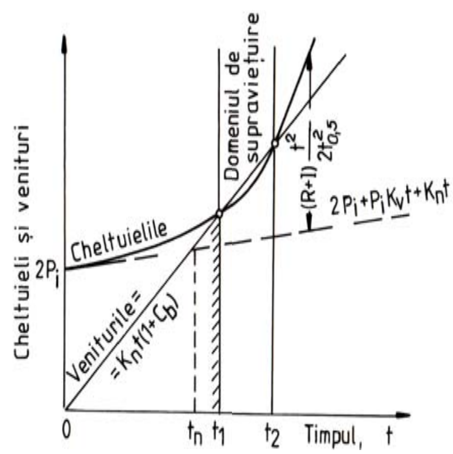


Fig. 4

Condiția obligatorie $t_{0,5} > 0$, conduce la:

$$K_n C_b - P_i K_v \ge 0 \;\; sau \;\; P_i \le \frac{K_n}{k_v} C_b \quad sau \quad C_b \ge P_t \frac{K_n}{k_v} \qquad (22)$$

Din condiția de supraviețuire - relația (18), se deduce cota beneficiului:

$$C_b \ge \frac{2P_i}{K_n t} + \frac{K_v}{k_n} P_i + \left(R+I\right)\frac{t}{2t_{0,5}^2 k_v} \qquad (23)$$

care este reprezentată grafic în figura 5.

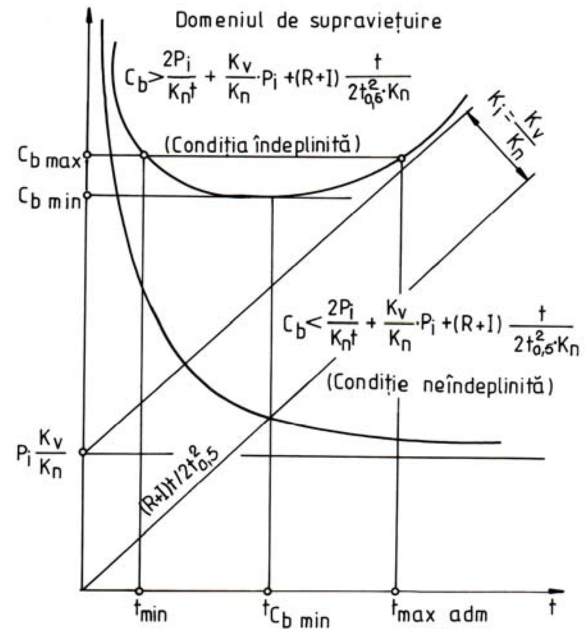


Fig. 5

Din această reprezentare pot fi stabilite perechile (t_{min}, C_{bmax}) şi (C_{bmax}, $t_{max\ adm}$). Valoarea duratei care corespunde cotei de beneficii minime (C_{bmin}), necesare pentru supravieţuire, se deduce anulând derivata în raport cu t a relației (23):

$$t_{C_{b\min}} = 2t_{0,5}^2\left[P_i/(R+I)\right]^{1/2} \tag{24}$$

Depinzând de $t_{0,5}$ şi de ($R+I$), rezultă că acestea trebuie studiate şi evaluate cât mai precis, lucru ce nu se poate îndeplini decât într-un sistem teoretic bine organizat.

LUCRAREA NR. 9

METODE DE EVALUARE A CALITĂŢII SAU PERFORMANŢELOR GLOBALE A PRODUSELOR

A. Scopul lucrării

Evaluarea calitativă şi determinarea performantelor se practică la toate fazele proiectării şi experimentării produselor. Evaluarea calitativă a produsului vizează determinarea unui indicator de calitate, de ansamblu a acestuia. Un paleativ al evaluării calitative este şi ordonarea sau ierarhizarea produselor din punct de vedere calitativ prin care se pot pune în evidenţă cel mai bun și cel mai slab produs, precum şi produsele de calitate intermediară fără a calcula un indicator numeric asociat. Performanţele produselor sunt proprietăţile lor de a realiza scopurile utilitare, cum ar fi, productivitatea la utilajele de lucru, precizia de măsurare la aparatele de măsura, viteza maximă și viteza optimă la calculatoare, precum şi fiabilitatea şi durabilitatea la toate mijloacele menţionate, greutatea, gabaritele ş.a. Cu alte cuvinte, performanţele reprezintă caracteristicile tehnice definitorii ale produselor. Se poate vorbi de performanţele produselor luate separat, în forma simplă, sau compusă, cum este productivitatea la maşinile de lucru şi de performanţe de ansamblu care integrează influenţele performanţelor parţiale într-un indicator de performanţă global. În acest caz din urmă, indicatorul de performanţă coincide cu indicatorul calităţii de ansamblu al produsului.

Există mai multe metode de evaluare a calităţii sau performanţei globale a produselor, ca: Electre, Combinex, KT şi Rompedet.

Metoda ROMPEDET

Metoda ROMPEDET (Romanian Model of Performance Determination) elaborat de Ion Stăncioiu si prezentat in [10] permite să se înlăture într-o mare măsură subiectivismul aprecierii nivelului tehnic şi calitativ. Astfel, performanţa H_i a unei variante de produs V_i ($i=1,m$) se obţine adoptând o variantă V_k drept bază şi raportând la caracteristicile acesteia valorile caracteristicilor variantei V_j, ţinând seama, totodată, de importanţa fiecărei caracteristici în parte, potrivit formulei:

$$H_i = a \prod_{j \varepsilon S_1} \left(\frac{x_{ij}}{x_{kj}}\right)^{\Upsilon_j} \prod_{j \varepsilon S_2} \left(\frac{x_{ij}}{x_{kj}}\right)^{\Upsilon_j} \qquad (1)$$

în care:

- ✓ a este un factor de scală (s-a propus a = 1000) pentru o diferenţiere cât mai concludentă a variantelor;
- ✓ x_{ij} = valorile caracteristicilor tehnice j ale variantei V_i;
- ✓ x_{kj} = idem în cazul variantei V_k;
- ✓ Υ_j= ponderea ocupată de caracteristica j în definirea nivelului performanţei H_i;
- ✓ Υ_j este normată astfel:
    - S, - submulţimea caracteristicilor care este de dorit să aibă valori cât mai mari pentru ca performanţa să fie cât mai ridicată.
    - S_2 - submulţimea complementară a caracteristicilor care este de dorit să fie cât mai mici pentru ca performanţa să fie cât mai ridicată.

Daca în (1) se face $i = k$ va rezulta H_k=a, deci deformaţia produsului luat de referinţă este egală cu factorul de scală a. Metoda ROMPEDET este

asemănătoare principial cu celelalte metode de selecţie şi ierarhizare a variantelor în sensul că apelează ca şi metodele respective la două elemente care definesc calitatea de ansamblu sau performanţa globală a unui produs, notele sau unităţile fiecărei caracteristici la fiecare variantă (parantezele din formulă) şi coeficientul de importanţă a fiecărei caracteristici (ponderile *j).* Există insă deosebiri de fond în stabilirea acestora. Astfel "notele" vor rezulta din raportarea caracteristicilor la acelea ale variantei de referinţă. Liniaritatea ce apare în definirea "notelor" prin acest procedeu este acceptabilă deoarece la majoritatea produselor şi caracteristicilor tehnice diferenţele de valori ale caracteristicilor au rate mici, în porţiunile respective fiind admisă aproximarea curbelor cu dreptele. Cât priveşte ponderile, ele se pot calcula analizând sensibilitatea funcţiei cheltuielilor de exploatare ale produselor la beneficiari, dependent de variaţiile infinitezimale ale caracteristicilor tehnice.

Algoritmul determinării este următorul:

1. Se scrie funcţia cheltuielilor de exploatare ale produsului dat, $C = f(X)$ unde X reprezintă mulţimea caracteristicilor x_j ($j=1 ,2,...,n$);
2. Se stabileşte diferenţiala modificată a funcţiei respective $d\tilde{C}$ sub forma

$$d\tilde{C} = \left|\frac{\partial C}{\partial X_1}\right| dx_1 + \left|\frac{\partial C}{\partial X_2}\right| dx_2 + \cdots + \left|\frac{\partial C}{\partial X_n}\right| dx_n, \qquad (2)$$

în care derivatele parţiale sunt luate în modul pentru a asigura condiţia de normare a ponderilor γ_j, respective $\sum \gamma_j = 1$.

3. Se împarte expresia (2) la $d\tilde{c}$ şi rezultă:

$$1 = \left|\frac{\partial C}{\partial X_1}\right| \frac{dx_1}{d\tilde{C}} + \left|\frac{\partial C}{\partial X_2}\right| \frac{dx_2}{d\tilde{C}} + \cdots + \left|\frac{\partial C}{\partial X_n}\right| \frac{dx_n}{d\tilde{C}} \qquad (3)$$

În consecinţă,

$$1 = \sum_j \left|\frac{\partial C}{\partial X_j}\right| \frac{dx_j}{d\tilde{C}} \Leftrightarrow 1 = \sum_j \gamma_j$$

Prin urmare,

$$\gamma_j = \left|\frac{\partial C}{\partial X_j}\right| \frac{dx_j}{d\tilde{C}}; 0 \leq \gamma_j \leq 1 \tag{4}$$

Se prezintă un exemplu simplificat de evaluare a nivelului calitativ al unor variante de produse, folosind aceasta metodă;

Se cere să se departajeze calitativ 2 modele de autoturisme de 5 locuri, cu 4 portiere, pe benzină CO 95, ţinând seama de 5 caracteristici tehnice prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1

Produse	Caracteristici				
	Viteza optima, *v* (km/ora)	Consum specific, *q* (litri/100km)	Durabilitate mers *T* (ani)	Timp mediu reparaţie *r* (ani)	Durata de serviciu *D* (ani)
A_1	80	8	1	0,1	3
A_2	75	9	1,5	0,2	5

Caracteristicile tehnice ale autoturismelor A_1 și A_2.

Aceste autovehicule sunt folosite de către o societate de taximetre ce dispune de date statistice şi economice în legătură cu costurile de exploatare. Un extras din datele respective este prezentat în tabelul 2.

Tabelul 2

Elemente ale cheltuielilor de exploatare a taximetrelor (anul 1999)

Nr.	Specificaţii	Valori
1.	Fond de timp nominal F_n (ore/an)	F_n = 300 zile/an x 16 ore/zi = 4800
2.	Salariul mediu *S* (lei/an)	S = 2 conducători auto x 10000 lei/lună x 12 luni=240000

3.	CAS - cota ajutor şomaj *d* (lei/an)	(16% + 4%) x 240000= 48000
4.	Costul combustibilului C_1 (lei/litru)	30
5.	Costul mediu al rep. planificate C_R^P(lei/an)	150000
6.	Costul mediu al rep. accidentale C_R^A (lei/an)	10000
7.	Preţ mediu de achiziţie al autoturismelor V (lei/autoturism)	350000

Pentru rezolvarea problemei se pot determina ponderile γ_j (j = 1, 2, 3, 4, 5) cu algoritmul menţionat mai sus:

1. Se scrie formula cheltuielilor *C = f(X)*, mai întâi ca structură de termeni.

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \text{ [lei/km]},$$

unde

C_1- reprezintă cheltuieli cu salariile şoferilor;

C_2 - cheltuieli cu combustibilul;

C_3 - cheltuieli cu întreţinere şi reparaţii;

C_4 - amortismente.

Cu simbolurile caracteristicilor din tabelul 9.1 şi ale indicatorilor specificaţi în tabelul 9.2 se explicitează cheltuielile C_1 + C_4 astfel:

$$C_1 = \frac{S\left(1+\frac{\delta}{100}\right)}{FV} = \frac{S\left(1+\frac{\delta}{100}\right)}{F_n\left(1-\frac{\tau}{T+\tau}\right)V}; \qquad C_2 = -\frac{q}{100}C_1;$$

$$C_3 = \frac{C_R^P + C_R^A}{F_n\left(1-\frac{\tau}{T-\tau}\right)V}; \qquad C_4 = \frac{V}{DF_n\left(1-\frac{\tau}{T-\tau}\right)V}$$

Aşadar,

$$C_1 = \frac{S\left(1+\frac{\delta}{100}\right)}{F_n\left(1-\frac{\tau}{T+\tau}\right)V} = \frac{q}{100}C_1 + \frac{C_R^P + C_R^A}{F_n\left(1-\frac{\tau}{T-\tau}\right)V} + \frac{V}{DF_n\left(1-\frac{\tau}{T-\tau}\right)V}$$

2. Se efectuează derivatele parţiale ale funcţiei după variabilele *v, g, T, τ* şi *D*.

Rezultă:

$$\frac{\partial C}{\partial v} = -\frac{K_1}{V^2}; \qquad \frac{\partial C}{\partial q} = \frac{C_1}{100}; \qquad \frac{\partial C}{\partial T} = -K_3\frac{\tau}{T};$$

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = -\frac{K_3}{T}; \qquad \frac{\partial C}{\partial D} = -\frac{K_4}{D^2},$$

unde,

$$K_1 = \frac{S\left(1+\frac{\delta}{100}\right)D + \left(C_R^P + C_R^A\right)D + V}{DF_n\left(1-\frac{\tau}{T-\tau}\right)};$$

$$K_3 = \frac{1}{F_n \cdot v}\left[S\left(1+\frac{\delta}{100}\right) + C_R^P + C_R^A + \frac{V}{v}\right];$$

$$K_4 = \frac{V}{F_n\left(1-\frac{\beta_t}{T+\tau}\right)}.$$

Considerând $dx_j = 0{,}01x_j$ diferenţiala modificată $d\tilde{C}$ va fi:

$$d\tilde{C} = \left|\frac{K_j}{v^2}\right| 0{,}01v + \left|-\frac{C_1}{100}\right| 0{,}01q + \left|-K_3\frac{\tau}{T^2}\right| 0{,}017 + \left|\frac{K_3}{T}\right| 0{,}017 +$$

$$+\left|-\frac{K_4}{D^2}\right| 0{,}01D = 0{,}01\left(\frac{K_1}{v} + \frac{qc_1}{100} + 2K_3\frac{\tau}{T} + \frac{K_4}{D}\right)$$

Se observă că diferenţa $d\tilde{C}$ poate fi evaluată numeric dacă se cunosc valorile $K_1,\ K_3,\ K_4$, şi mărimile statistice ale variabilelor *v, q, T, τ* şi *D*, rezultate din experienţa utilizatorilor produselor similare. Dacă astfel de date statistice nu se află la dispoziţie, cum este şi cazul de faţă, se pot lua mediile valorilor caracteristicilor produselor supuse analizei. În orice caz nu se vor lua valorile x_j ale caracteristicilor pentru fiecare, deoarece s-ar ajunge la valori $d\tilde{C}$ şi implicit ceea ce ar denatura concluziile calculelor nivelelor H_t. Utilizatorul are o optică unică de a privi calităţile produselor folosite de el şi nu este justificat să-şi schimbe optica în funcţie de variantă. Optica aceasta este invariantul pe care se bazează

alegerea. Valorile medii ale caracteristicilor sunt: v = 77,5; q = 8,5; τ = 0,15; T = 1,25; D = 4.

Cu acestea se obţin coeficienţii: K_1 = 145,9; K_3 = 1,458 şi K_4 = 1,053. Diferenţiala modificată va fi $d\tilde{C}$ = 0,05043.

3. Se aplică (4) şi rezultă ponderile:

γ_v = 0,373;

γ_q = 0,505;

γ_T = 0,035;

γ_τ = 0,035;

γ_D = 0,052.

Pentru calculul nivelului performanţelor celor două autoturisme A_1şi A_2 se aprobă produsul A_1 de referinţă. Acesta va avea performanța HA_1=1000. Indicatorul performanței produsului A_2 se calculează cu formula (1).

$$\mathrm{H}A_1 = 1000\left(\frac{75}{80}\right)^{0{,}373}\left(\frac{1{,}5}{1}\right)^{0{,}035}\left(\frac{5}{3}\right)^{0{,}052}\left(\frac{8}{9}\right)^{0{,}505}\left(\frac{0{,}1}{0{,}2}\right)^{0{,}035} = 935{,}133$$

În cazul în care lipsesc informaţiile despre cheltuielile de exploatare, sau scrierea funcţiei acestor cheltuieli în raport de caracteristicile produselor este dificilă, ponderile γ_j se pot stabili cu formula (5):

$$\gamma_j = \gamma_h = \frac{\sum_{j_1} j_1 j_2}{\sum_{j_2}\sum_{j_1} a_{j_1 j_2}}; \quad 0 \le \gamma_j \le 1; \qquad \sum \gamma_j = 1$$

În care $a_{j_1 j_2}$reprezintă, elementele matricei pătrate:

$A_{nm} = \left\| a_{j_1 j_2} \right\|$, având valorile:

$$a_{j_1 j_2} = \begin{cases} 1, C_{j_1} I C_{j_2} \text{ (caracteristica } C_{j_1} \text{ este de egală importanţm cu } C_{j_2}) \\ 2, C_{j_1} P C_{j_2} \text{(caracteristica } C_{j_1} \text{ este mai importantă decât } C_{j_2}) \\ 4, C_{j_1} PP C_{j_2} \text{(caracteristica} C_{j_1} \text{ este mult mai importantă decât } C_{j_2}) \\ 0, \qquad \text{în rest} \end{cases}$$

unde *I* este operator logic de indiferenţă, iar *P* este operator logic de preferinţă. Pentru aplicarea metodei ROMPEDET în adeastă variantă, celelalte etape rămân identice.

LUCRAREA NR. 10

EVIDENŢIEREA SEGMENTULUI DE PIAŢĂ NEOCUPAT DE UN PRODUS. DIRECŢIONAREA PROIECTĂRII POTRIVIT RĂSPUNSULUI PIEŢII

A. Scopul lucrării

Lucrarea este concepută pentru a prezenta metode de evidenţiere a nişelor de piaţă neocupate de un anumit tip de produs şi de direcţionare a proiectării produsului prin stabilirea unei teme de proiectare care să cuprindă binomul performanţe-preţ ce defineşte segmentul de piaţă neocupat. În situaţia în care nişa neocupată de piaţă este definită de o strategie ineficientă, şe evidenţiază posibilităţile prin care firmele îşi modifică strategiile conform cu răspunsul pieţei.

B. Produs. Pregătirea tehnică a asimilarii de produse noi în condiţii pe performanță şi eficientă economică

Conform standardului ISO 8402, produsul este rezultatul unor activităţi sau procese şi poate fi orice bun material, serviciu, rezultat al unor procese continue sau o combinaţie a acestora.

Proiectarea de produse noi trebuie să meargă "mână în mână" cu cercetarea pieţei şi evaluarea eficienţei economice. În organigrama din figura 1 se prezintă principalele etape ale proiectării şi experimentării

produselor noi (partea din stânga) în conjuncţie cu etapele analizelor şi calculelor comerciale şi economico-financiare (partea dreaptă a figurii). Potrivit cercetătorilor Clark şi Fujimoto [4] care au analizat 30 proiecte ale industriei mondiale de automobile din 20 de firme americane, europene şi japoneze cu o contribuţie de 70% la producţia mondială, partea de proiectare a produsului şi tehnologiei de fabricaţie (product engineering) se desfăşoară în medie pe 30 de luni, iar partea de analiză tehnico-economice şi fundamentare (product planning) - pe 14 luni în Japonia, respectiv 40-42 luni pentru product engineering şi 22-23 luni pentru product planning în SUA şi Europa. Organizarea superioară a asimilării de produse noi şi folosirea în această activitate a tehnicii electronice de calcul asigură că japonezii să cheltuiască pentru un proiect de maşină nouă doar 1/3 din orele de inginerie cheltuite de partenerii europeni şi americani.

Dar cel mai important aspect ce se desprinde din cercetările amintite este caracterul integrativ al procesului de asimilare a produselor noi de serie şi o diseminare a actului decizional pe tot parcursul asimilării, aşa cum se poate vedea și în figura 10.l ce sintetizează experienţa proprie şi străină în acest domeniu. Avem de-a face cu un sistem de cicluri de proiectare şi decizionale interconectate. Astfel, pe figură se pot observa ciclurile studiului de oportunitate şi fezabilitate (1-7), proiectul tehnic şi de execuţie care se referă atât la produs cât şi la capacităţile de producţie aferente (8-11), execuţiei şi omologării prototipului şi seriei zero (12-15), rezolvării aspectelor comerciale ale desfacerii produsului pe piaţă (16-19), iar după introducerea în fabricaţie normală şi respectiv comercializarea produselor, se practică verificări curente (lunar, anual) ale rentabilităţii şi competitivităţii cu feed-back asupra continuităţii fabricaţiei şi reluării ciclului de asimilare a unui nou produs (20-22).

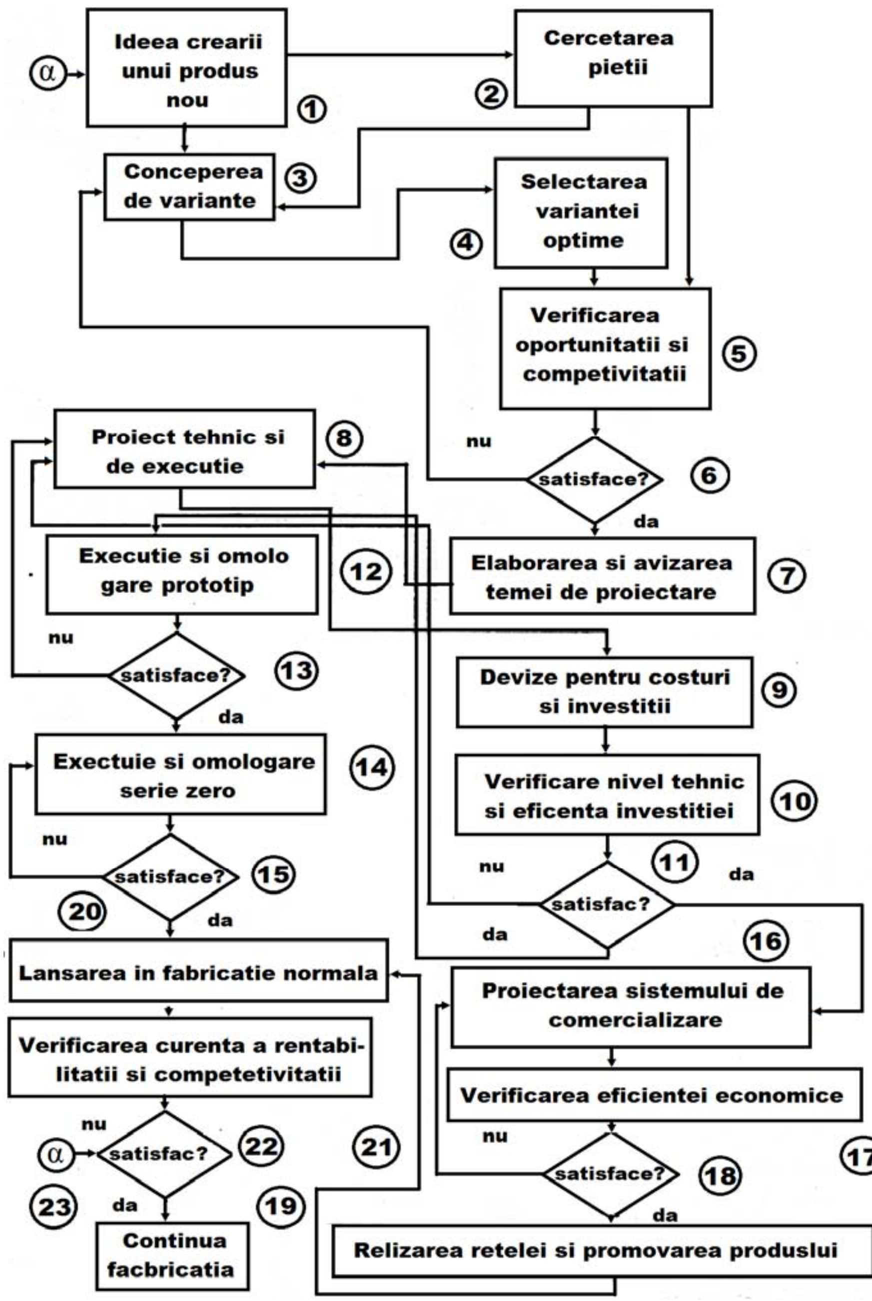


Fig. 1 — Fazele lansării unui produs de serie

Pentru ca ciclul de asimilare să nu se lungească excesiv, în această schemă integrată se impune realizarea a cât mai multor activităţi în paralel şi se apelează frecvent la fluxuri informaţionale bi- şi multidirecţionale, toate ciclurile parţiale având, aşa cum s-a precizat, câte 2 părţi: partea stângă pentru proiectarea şi experimentarea produsului şi partea dreapta pentru activităţi asociate (comerciale, de personal, financiar-economice).

Coerenţa procesului de asimilare pe baza schemei din figura 10.1, fiind evidentă, omisiunea unor faze nu poate să producă decât prejudicii firmei. În asigurarea efectivă a coerenţei, rolul principal îl joacă responsabilul de produs (directorul de produs sau managerul produsului). Succesul competiţional va depinde, în viitor într-o măsură din ce în ce mai mare de capacitatea de coordonare a ansamblului reţelei de participanţi la activitatea de asimilare, echilibrând judicios proiectarea produsului cu proiectarea tehnologiilor, organizarea experimentării şi fabricaţiei cu pregătirea personalului şi cu comercializarea pe pieţe a produselor.

Problemele referitoare la estimarea performanţelor şi eficienţei produsului se întâlnesc în aproape toate fazele menţionate în fig.10.l. Ele se refera la modelele de formulare a politicilor şi strategiilor de marketing, modele de creativitate, modele de evaluare a calităţii şi eficienţei economice, prognoze economice şi tehnologice, modele de selectare a produselor şi tehnologiilor.

C. Strategiile poziţionării produsului în contextul pieţei

Prin produse noi se înţeleg alte produse care nu au corespondent în nomenclatoarele de produse comercializate pe pieţe cât şi produsele rezultate prin proiectarea unor produse existente care au devenit învechite. Ideea creării unui produs nou la care se refera faza 1 din figura 10.1 provine dirn surse diferite. Cercetări întreprinse în 71 companii

americane au scos în evidenţă următoarele surse şi procente ale participării surselor respective la generarea de idei:

Marketingul	32,4
Proiectarea	26,5
Conducerea firmelor	13,1
Clienţii	10,6
Serviciile de pregătire tehnică	6,7
Fabricaţia	3,7
Alte surse	7,0
	100,0

Există dispersii însemnate faţă de ponderile de mai sus în funcţie de natura companiilor, însă poate fi reţinut ca semnificativ faptul că personalul din domeniile marketingului şi proiectării este cel mai prolific în generarea de idei privind produsele noi, la toate firmele. Ideea creării unui nou produs nou, îndiferent din ce sursa ar proveni este transformată apoi de proiectanţi în colaborare cu specialiştii în marketing, în diferite variante. La aceasta se refera faza 3 a schemei din figura 1. Participanţii la aceasta fază provenind din domeniul marketingului pot prezenta, pe baza cercetării pieţei pe care ei o întreprind (faza 2), diverse sugestii. Un mod relevant de a realiza acest deziderat constă în sistematizarea variantelor principale cu ajutorul tablourilor cu cadrane preconizate în publicaţiile de marketing. Se dă ca exemplu un astfel de tablou pentru autocamioanele produse de 7 firme americane după preţ şi performanţă [3, 8].

Se observă că 4 firme se plasează în cadranul din centrul figurii 2. Acestea caută să fie bune atât ca performanţă cât şi ca preţ de livrare, situându-se la ambele aspecte pe poziţii mijlocii. Au însă rate de profit, în % faţă de capital, mai mici decât acelea obţinute din firmele conducătoare - Ford şi Paccar. Pentru ca firmele cu poziţie mijlocie să-şi îmbunătăţească rata profiturilor trebuie să facă o opţiune clară pentru una

din cele trei strategii câştigătoare. De exemplu, International Harvester (IH) are următoarele 3 opţiuni: poate investi creând o nouă uzină mai modernă care să permită obţinerea aceluiaşi produs cu cost mai scăzut; în acest caz va intra în concurenţa cu Ford şi General Motors, ambele fiind lideri în ce priveşte costul; a doua opţiune ar fi ca IH să îmbogăţească calitatea şi service-ul autocamioanelor sale (pentru care, însă, se cere timp îndelungat şi mulţi bani), întrând, de data asta, în competiţie cu Paccar şi Mack - lideri în obţinerea de profit pe baza de diferenţiere a produselor şi calitate; a treia posibilitate este ca prin diferenţierea produselor să ocupe unele nișe libere atât în domeniul costului redus cât şi al calităţii ridicate. IH a adoptat anume cea de a treia variantă, devenind lider în fiecare nişa, fie prin cost redus, fie prin calitate ridicată, sau chiar prin ambele atribute urmărite, plasându-se, în acest ultim caz, în cadranul din dreapta sus.

Performanța		
R	• Paccar 30.7%	
M	• Mack 19.9% • Freightliner 12.9% • General Motors • 22% •Internatmal Harvester 9%	• Ford 25%
S	•White Motor 4.7%	
R	M	S

Preț de livrare

Fig. 2 Poziţiile ocupate de produsele a 7 firme

R - ridicat; M - mediu; S - scăzut

Informaţiile din figura 2 permit să se procedeze la o sistematizare a strategiilor poziţionării produselor în contextul pieţii. Astfel, dacă

elementele matricii asociate diagramei din figura 2 se notează cu a_{ij} unde i reprezintă codurile liniilor și j codurile coloanelor, atunci se pot formula următoarele strategii de poziţionare a produsului pe piaţă:

a_{RR} - strategie de prestigiu, în figura 2 niciuna din cele 7 firme nu este situată în cadranul din stânga-sus al tabloului respectiv, căreia îi corespunde mixul - performanţa ridicată (R) şi preţ ridicat (R);

a_{RM} - strategie valoroasă; plasată în această poziţie firma asigură clienţilor atractivitate faţă de produsele ei; este strategia ce determină elasticitatea supraunitară a cererii; nu este deci de mirare ca, firma Paccar situată în această zonă înregistrează cea mai înaltă rată a rentabilităţii şi anume 30,7% faţă de capital;

a_{RS} - strategia utilităţii specifice-maxime; niciuna din cele 7 firme de autocamioane înregistrate în figura 2 nu se situează în cadranul corespunzător acestei strategii; există însă exemple de firme producătoare de autoturisme care au adoptat o astfel de strategie cum ar fi Volkswagen şi Toyota;

a_{MR} - strategia de speculă sau strategia "preţului piperat";

a_{MM} - strategie de valoare echilibrată; conform fig. 10.2, în cazul autocamioanelor, aici se situează cele mai multe firme printre care şi General Motors;

a_{MS} - strategie foarte atractivă pentru mase mari de clienţi; diagrama din figura 2 arată ca în cazul autocamioanelor, strategia aceasta este preferată de către Ford;

a_{SR} - strategie nerealistă; firma White Motor plasată in cadranul caracterizat de mixul "calitate scăzută (S) - preţ ridicat (R)" din figura 2, înregistrează cea mai mica rată a rentabilităţii;

a_{SM} - strategie greşită din punct de vedere economic într-o economie de piaţă;

a_{SS} - strategie destinată segmentului de clienţi puţin solvabili în domeniul bunurilor de consum, "săraci" sau "zgârciţi", în domeniul

bunurilor de investiţii; firmele prospere evită această strategie; pentru unele produse destinate investiţiilor cum ar fi cele ce pot afecta securitatea personalului şi a capitalului, precum şi protecţia mediului înconjurător, strategia a_{SS} este contraindicată.

În general se poate reţine că toate strategiile de pe linia performanţei ridicate (R) sunt bine cotate. Firmele optează pentru una sau alta din aceste strategii în funcţie de condiţii; firmele puternic consolidate, bine cunoscute pe piaţă, lideri tehnologici în domeniul lor de specialitate, pot apela la strategia a_{RR}; firmele noi, mai puţin cunoscute pe piaţă, bune totuşi din punct de vedere al calităţii oferite, se pot orienta către strategiile a_{RM} şi a_{RS}.

În antiteză, strategiile de pe linia S a matricei asociate figurii 2 la prima impresie sunt total de nuanţă negativă. Nu se poate însă afirma că n-ar fi posibil ca unele firme să opteze pentru vreuna din aceste strategii. De exemplu, multe firme mici, slab înzestrate tehnic, fără personal de specialitate în probleme de cercetare-dezvoltare, ce utilizează temporar licenţe de produse oferite de alte firme care le-au scos din fabricaţie pentru că sunt învechite, pot utiliza cu succes economic strategia a_{SS}. Cu alte cuvinte ele furnizează produse de slabă calitate, dar le comercializează la preţuri scăzute. Pentru anumite segmente ale clientelei, cu solvabilitate redusă, asemenea strategii sunt funcţionale.

Evident, strategiile liniei de mijloc a matricii asociata figurii 2 sunt cele care, din punct de vedere al teoriei economice, balansează optimal calitatea cu preţul. Strategia a_{mm} este reprezentativă în acest sens. O confirmă datele din figura 2 care arată că teatrul de luptă concurenţială al firmelor ce produc şi comercializează autocamioane în SUA este constituit de cadranul MM de la mijlocul figurii unde se plasează mixurile strategice "preţ - calitate" ale majorităţii firmelor considerate. Sigur că firmele au probleme în acest caz deoarece situaţia lor este tensionată. De aceasta beneficiază însă clienţii. Unele firme caută să iasă

din "strânsoarea" respectivă. S-a explicat mai sus cum poate să procedeze într-o astfel de situaţie firma (IH). În figura 2 coordonatele sistematizării pieţei au fost preţul şi calitatea. Se pot adopta şi alte coordonate în funcţie de tipul produselor, reacţia pieţei şi interesele firmei. În figura 3 se prezintă spre exemplu, diagrama perceptuală a poziţionării in contextul pieţei a autoturismelor fabricate de către Corporaţia Chrysler din SUA comparativ cu alte firme [3].

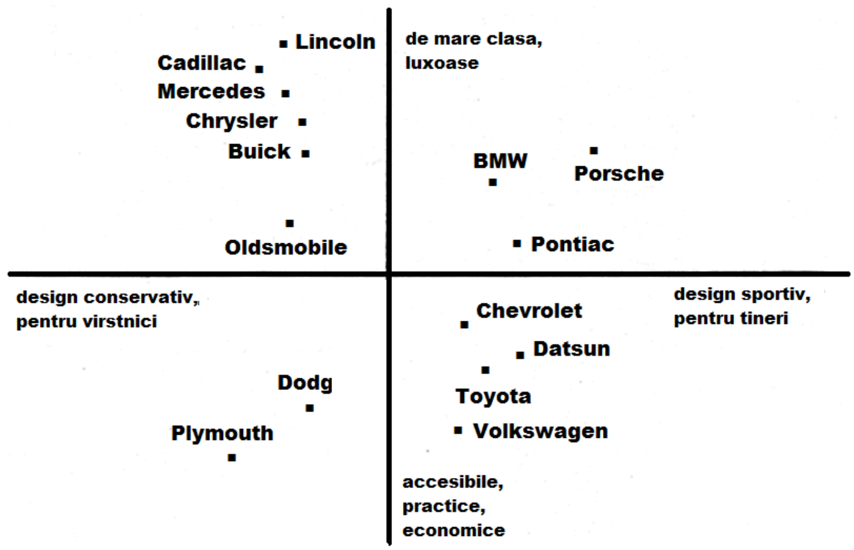


Fig. 3 - Diagrama perceptuală a ofertanţilor de autoturisme

Alcătuind o astfel de diagramă "General Motors" poate să observe că diviziile sale care fabrică mărcile Buick si Oldsmobile concurează între ele. În consecinţă, creşterea cotei de piaţă a diviziei Buick se efectuează prin canibalizarea clienţilor diviziei Oldsmobile. Managementul de la firma Chrysler a decis că modelele Chrysler ar necesita să li se schimbe imaginea în direcţia "întineririi". Diagrama identifică strategiile atractive ale firmelor care fabrică şi exportă în cantităţi uriaşe - Volkswagen, Toyota şi Datsun. Secretul este plasarea acestora în cadranul dreapta jos.

Pentru construcţia diagramei, cercetătorii de la Chrysler au solicitat ca posesorii diferitelor mărci de automobile să atribuie autoturismelor respective note pe scara 1-10, separat pentru fiecare atribut considerat pe axele celor două coordonate. Un program de calculator poate stabili în aceste condiţii coordonatele poziţionării pe diagrama a oricărei mărci de autoturism. Se prezintă un exemplu pentru autoturismul Plymouth.

Pentru tineret	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**Pentru vârstnici**
Cu aspect sportiv	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**Cu aspect conservativ**

David W.Cravens, în "Marketing Management" a conceput diagrama din figura 4 privind poziţionarea videocasetofoanelor în contextul pieţei, în care apar coordonate specifice, precum şi segmentele de piaţă dimensionate prin cercuri de raze diferite şi situate în puncte diferite în funcţie de opţiunile exprimate de clienţii chestionaţi în vederea construirii diagramei.

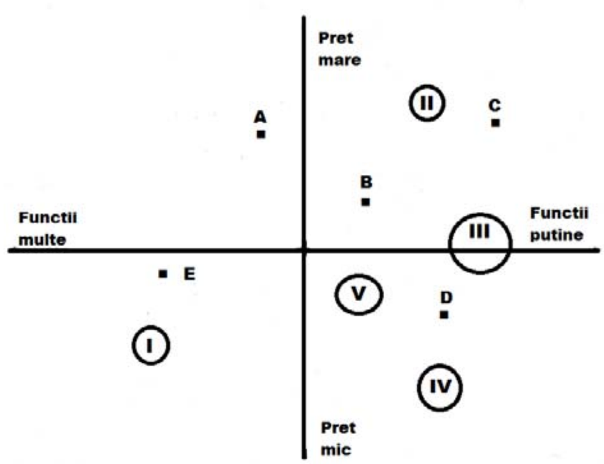


Fig. 4 - Diagrama percepţiei videocasetofoanelor de către clienţi
A, B, C, D, E - mărcile videocasetofoanelor
I, II, III, IV, V - segmentele opţiunii clienţilor

Mărcile A ... E apar poziţionate pe diagrama aşa cun sunt percepute de către eşantionul de clienţi folosiţi în cadrul studiului pieţei. Aceiaşi

clienţi au exprimat opţiunile lor privind preţul şi funcţiile pe care ar dori să le posede aparatele. Acestea s-au grupat în 5 segmente notate pe diagrama cu I ... V.

Este instructiv comentariul autorului asociat acestui grafic. Astfel de exemplu, daca marca produsului nostru este D, ce implicaţii cu privire la segmentarea pieţei ar avea aceasta? "Este clar, afirmă autorul, că ne aflăm cu produsul într-o poziţie atractivă determinată de faptul că marca D se situează în proximitatea segmentelor III, IV şi V, pe când mărcile B şi C sunt în proximitatea a numai două segmente II şi III. Există mai multe opţiuni pentru marca B. Una ar consta în încercarea de a înlocui percepţia clienţilor potrivit căreia D reprezintă un produs ieftin cu percepţia că D este scump. Este probabil, mai uşor să se ajungă la această schimbare decât să se schimbe percepţia asupra calităţii aparatului. Autorul consideră că mulţimea clienţilor din segmentul IV se dovedeşte a fi nerealistă în exprimarea preferinţelor. Aceştia trebuie să-si modifice preferinţa pentru preţurile ieftine, sau să renunţe de la a procura de pe piaţă videocasetofoane.

David Cravens ne oferă şi un algoritm al formulării strategiei de poziţionare în contextul pieţei:

1. Determinarea pieţei produsului;
2. Identificarea mărcilor pe piaţa produsului respectiv;
3. Colectarea datelor asupra percepţiei consumatorilor referitoare la diferite mărci, date furnizate de către un eşantion de clienţi având la baza atributele produselor;
4. Analiza datelor spre a forma unul, două sau mai multe atribute compuse, independente unul de altul. De exemplu, mai multe atribute ar putea fi reflectate de unul compus cum ar fi preţul;
5. Conceparea diagramei bidimensionale (reţea X si Y) a atributelor, în care se marchează poziţiile mărcilor conform percepţiilor exprimate de către eşantionul de clienţi;

6. Aranjarea pe grupe a clienţilor care exprimă preferinţe apropiate şi poziţionarea acestora în diagrama (cerculeţele I - V în cazul din figura 4);

7. Interpretarea rezultatelor în sensul felului pieţei şi al strategiilor de poziţionare a produsului în contextul pieţei.

S-au prezentat mai sus, pe larg, posibilităţile planificării strategice a formulării variantelor. După aceasta urmează formularea variantelor din punct de vedere constructiv-funcţional. Aici problema iese din domeniul comercial. Rezolvarea depinde de ingineri si designeri. Variantele sunt impuse de ingeniozitatea proiectanţilor şi de realizările tehnice şi tehnologic cunoscute. Nu este lipsit de interes a se aminti ca formularea acestor variante poate fi obţinută prin reprezentări intuitive libere sau prin metode sistematizatoare cum ar fi metoda morfologică, brainstorming.

Variantele constructiv-funcţionale sunt supune analizelor tehnico-economice, cu scopul selectării celei mai convenabile dintre ele şi al fundamentării aplicării ei.

Se propune ca studiu de caz, poziţionarea in contextul pieţei a televizoarelor şi analiza diferiților producători privind strategiile de ocupare a pieţei, conform algoritmului prezentat de David Cravens.

BIBLIOGRAFIE

1. ARAMA C., *Terotehnica,*, Ed. Tehnică, București, 1976
2. BARON T., ș. a., *Calitate și fiabilitate,* Ed. Tehnică, București, 1988
3. BERCOVITZ E.N.S.A., *Marketing*, Second Edition, IRWIN 1989
4. CLARK KIM B., FUJIMOTO TAKAHIRO - *Product development. Performance.*, Harvard Bisiness School Press, 1991
5. DRAGHICI I., BEJAN C., *Dezvoltarea modelelor de calcul probabilist al organelor de mașini.* Construcția de mașini*,* 35, nr. 6, Bucuresti, 1983
6. GRAY E.R., *Readings in Business Policy*, Appelaton-Century-Crofts, NY, 1988
7. GRIGORAȘ ȘT., *Analiza fiabilităţii*, Editura "TEHNICA-INFO" Chişinău, 2002, ISBN 9975-63-072-3
8. GRIGORAȘ ȘT., *Ingineria fiabilității*, vol. I, Editura Junimea Iași, 2003, ISBN-973-37-0836-4
9. GRIGORAȘ ȘT., *Ingineria fiabilității*, vol. II, Editura Junimea Iași, 2007, ISBN-978-973-1230-5
10. HANGANU L. C., Mecatronica utilajului textil - fundamente teoretice, Editurea Performantica, 2008, ISBN 978-973-730-569-5
11. ISAIC - MANIU Al., *Metoda Weibull. Aplicații,* Ed. Academică, Bucuresti, 1983
12. ROTLER P., *Marketing, Management*, Sixth Edition Prentice Hall, 1988
13. STANCIOIU I., *Romanian Model of Performance Determination*
14. TARCOLEA C., ș.a. -*Tehnici actuale în teoria fiabilității,* Ed. Științifică și Enciclopedică, București, 1989
15. VODA V. Gh., *Controlul durabilității produselor industriale*, Ed. Tehnică, Bucuresti, 1981
16. *** - *Fiabilitate*a *produselor industriale. Indicatori de fiabilitate,* STAS 10307-1975, I.R.S., București.

Anexa nr. 1.

$$\Gamma(x)=\int_0^{\infty} e^{-1}\cdot t^{x-1}dt;(x>0)$$

x	0	2	4	6	8
1.00	1.00000	0.99885	0.99771	0.99657	0.99545
1.01	0.99433	0.99321	0.99211	0.99101	0.98993
1.02	0.98884	0.98777	0.98670	0.98565	0.98459
1.03	0.98355	0.98251	0.98148	0.98046	0.97945
1.04	0.97844	0.97744	0.97644	0.97540	0.97448
1.05	0.97350	0.97254	0.97158	0.97063	0.96968
1.06	0.96874	0.96731	0.96689	0.96597	0.96506
1.07	0.96415	0.96305	0.96236	0.96148	0.96060
1.08	0.95976	0.95886	0.95800	0.95715	0.95630
1.09	0.95546	0.95463	0.95380	0.95298	0.95216
1.10	0.95136	0.95055	0.94975	0.94896	0.94817
1.11	0.94740	0.94662	0.94586	0.94509	0.94434
1.12	0.94359	0.94285	0.94211	0.94138	0.94065
1.13	0.93993	0.93922	0.93851	0.3781	0.93711
1.14	0.93642	0.93573	0.93505	0.93437	0.93370
1.15	0.93304	0.93238	0.93173	0.93108	0.93044
1.16	0.92980	0.92917	0.92855	0.92793	0.92731
1.17	0.92670	0.92609	0.92550	0.92490	0.92431
1.18	0.92373	0.92315	0.92258	0.92201	0.92144
1.19	0.92089	0.92033	0.91978	0.91924	0.91870
1.20	0.91817	0.91764	0.91712	0.91660	0.91609
1.21	0.91558	0.91507	0.91457	0.1408	0.91359
1.22	0.91311	0.91263	0.91215	0.91168	0.91122
1.23	0.91075	0.91030	0.90985	0.90940	0.90896
1.24	0.90852	0.90809	0.90766	0.90724	0.90682
1.25	0.90640	0.90599	0.90559	0.90519	0.90479
1.26	0.90440	0.90401	0.90363	0.90325	0.90287
1.27	0.90250	0.90214	0.90178	0.90142	0.90107
1.28	0.90072	0.90037	0.90003	0.89970	0.89937
1.29	0.89904	0.89872	0.89840	0.89809	0.89778
1.30	0.89747	0.89717	0.89687	0.89658	0.89629

1.31	0.89600	0.89572	0.89545	0.89517	0.89491
1.32	0.89464	0.89438	0.89412	0.89387	0.89362
1.33	0.89338	0.89314	0.89290	0.89267	0.89244
1.34	0.89222	0.89199	0.89178	0.89157	0.89136
1.35	0.89115	0.89095	0.89075	0.89056	0.89037
1.36	0.89018	0.89000	0.88982	0.88965	0.88946
1.37	0.88931	0.88915	0.88899	0.88884	0.88868
1.38	0.88854	0.88839	0.88825	0.88812	0.88798
1.39	0.88785	0.88773	0.88761	0.88749	0.88737
1.40	0.88726	0.88716	0.88705	0.88695	0.88686
1.41	0.88676	0.88678	0.88659	0.88651	0.88643
1.42	0.88636	0.88628	0.88622	0.88615	0.88609
1.43	0.88604	0.88598	0.88593	0.88589	0.88584
1.44	0.88581	0.88577	0.88574	0.88571	0.88568
1.45	0.88566	0.88564	0.88563	0.88562	0.88561
1.46	0.88560	0.88560	0.88561	0.88561	0.88562
1.47	0.88563	0.88565	0.88567	0.88569	0.88572
1.48	0.88575	0.88678	0.88582	0.88586	0.88590
1.49	0.88595	0.88599	0.88605	0.88610	0.88616
1.50	0.88623	0.88629	0.88636	0.88644	0.88651
1.51	0.88659	0.88667	0.88676	0.88685	0.88694
1.52	0.88704	0.88714	0.88724	0.88735	0.88746
1.53	0.88757	0.88768	0.88780	0.88792	0.88805
1.54	0.88818	0.88831	0.88844	0.88858	0.88872
1.55	0.88887	0.88902	0.88917	0.88932	0.88948
1.56	0.88964	0.88981	0.88997	0.89014	0.89031
1.57	0.89046	0.89067	0.89085	0.89104	0.89123
1.58	0.89142	0.89161	0.89181	0.89202	0.89222
1.59	0.89243	0.89264	0.89285	0.89307	0.89329
1.60	0.89352	0.89374	0.89397	0.89421	0.89444
1.61	0.89468	0.89492	0.89517	0.89542	0.89567
1.62	0.89592	0.89618	0.89644	0.89671	0.89697
1.63	0.89724	0.89752	0.89779	0.89807	0.89836
1.64	0.89864	0.89893	0.89922	0.89952	0.89982
1.65	0.90012	0.90042	0.90073	0.90104	0.90135

1.66	0.90167	0.90199	0.90231	0.90264	0.90296
1.67	0.90330	0.90363	0.90397	0.90431	0.90465
1.68	0.60500	0.90535	0.90570	0.90606	0.90642
1.69	0.90678	0.90715	0.90752	0.90789	0.90826
1.70	0.90864	0.90902	0.90940	0.90979	0.91018
1.71	0.91057	0.91097	0.91137	0.91177	0.91217
1.72	0.91258	0.91299	0.91341	0.91382	0.91424
1.73	0.91467	0.91509	0.91552	0.91595	0.91639
1.74	0.91683	0.91727	0.91771	0.91810	0.91861
1.75	0.91906	0.91952	0.91998	0.92044	0.92091
1.76	0.92137	0.92185	0.920232	0.92280	0.92328
1.77	0.92376	0.92425	0.92471	0.92523	0.92573
1.78	0.92623	0.92673	0.92723	0.92774	0.92825
1.79	0.92877	0.92928	0.92980	0.93033	0.93085
1.80	0.93183	0.93192	0.93245	0.93299	0.93353
1.81	0.93408	0.93462	0.93517	0.93572	0.93629
1.82	0.93685	0.93741	0.93797	0.93854	0.93912
1.83	0.93969	0.94027	0.94085	0.94143	0.94202
1.84	0.94261	0.94321	0.94380	0.94440	0.94501
1.85	0.94561	0.94622	0.94683	0.94745	0.94807
1.86	0.4869	0.94931	0.94994	0.95057	0.95120
1.87	0.95184	0.95246	0.95312	0.95377	0.95442
1.88	0.95507	0.95573	0.95638	0.95705	0.95771
1.89	0.95538	0.95905	0.95972	0.96040	0.96108
1.90	0.96177	0.96245	0.96311	0.96384	0.96453
1.91	0.96523	0.96593	0.96664	0.96735	0.96806
1.92	0.96877	0.96919	0.97021	0.97094	0.97167
1.93	0.97240	0.97313	0.97387	0.97461	0.97455
1.94	0.97510	0.97685	0.97760	0.97836	0.97912
1.95	0.97988	0.98065	0.98142	0.98219	0.98226
1.96	0.98374	0.98452	0.98531	0.98610	0.98689
1.97	0.98768	0.98848	0.98929	0.99009	0.99090
1.98	0.99171	0.99252	0.99334	0.99416	0.99499
1.99	0.99581	0.99664	0.99748	0.99832	0.99916

Anexa nr. 2.

Valorile lui χ^2 având probabilitatea $a = 1 - p$ de a fi depăşite

v	1- P									
	0.995	0.990	0.975	0.950	0.900	0.1	0.05	0.025	0.010	0.005
1	$0.9\text{x}10^{-4}$	0.0002	0.0010	0.0039	0.0158	2.71	3.84	5.02	6.63	7.88
2	0.0100	0.0201	0.0506	0.103	0.211	4.61	5.99	7.38	9.21	10.6
3	0.0717	0.115	0.216	0.352	0.581	6.25	7.82	9.35	11.3	12.8
4	0.207	0.297	0.484	0.711	1.06	7.78	9.49	11.1	13.3	14.9
5	0.412	0.554	0.831	1.15	1.61	9.24	11.1	12.8	15.1	16.7
6	0.676	0.872	1.24	1.64	2.20	10.6	12.6	14.4	16.8	18.5
7	0.989	1.24	1.69	2.17	2.83	12.0	14.1	16.0	18.5	20.3
8	1.34	1.65	2.18	2.73	3.19	13.4	15.5	17.5	20.1	22.0
9	1.73	2.09	2.70	3.33	4.17	14.7	16.9	19.0	21.7	23.6
10	2.16	2.56	3.25	3.91	4.87	16.0	18.3	20.5	23.2	25.2
11	2.60	3.05	3.82	4.57	5.58	17.3	19.7	21.9	24.7	26.8
12	3.07	3.57	4.10	5.23	6.30	18.5	21.0	23.3	26.2	28.3
13	3.57	4.11	5.01	5.89	7.04	19.8	22.4	24.7	27.7	29.8
14	4.07	4.66	5.63	6.57	7.79	21.1	23.7	26.1	29.1	30.3
15	4.60	5.23	6.26	7.26	8.55	22.3	25.0	27.5	30.6	32.8
16	5.14	5.81	6.91	7.96	9.31	23.5	26.3	28.8	32.0	34.3
17	5.70	6.41	7.50	8.67	10.1	24.8	27.6	30.2	33.1	35.7
18	6.26	7.01	8.23	9.39	10.9	26.0	28.9	31.5	34.8	37.2
19	6.84	7.63	8.91	10.1	11.7	27.2	30.1	32.9	36.2	38.6
20	7.43	8.26	9.59	10.9	12.4	28.4	31.4	34.2	37.6	40.0
21	8.03	8.90	10.3	11.6	13.2	29.6	32.7	35.5	38.9	41.4
22	8.64	9.54	11.0	12.3	14.0	30.8	33.9	36.8	40.3	42.8
23	9.26	10.2	11.7	13.1	14.8	32.0	35.2	38.1	41.6	44.2
24	9.89	10.9	12.4	13.8	15.7	33.2	36.4	39.4	43.0	45.6
25	10.5	11.5	13.1	14.6	16.5	34.4	37.7	40.6	44.3	46.9
26	11.2	12.2	13.8	15.4	17.3	35.6	38.9	41.9	45.6	48.3
27	11.8	12.9	14.6	16.2	18.1	36.7	40.1	43.2	47.0	49.6
28	12.5	13.6	15.3	16.9	18.9	37.9	41.3	44.5	18.3	51.0
29	13.1	14.3	16.0	17.7	19.8	39.1	42.6	45.7	49.6	52.3
30	13.8	15.0	16.8	18.5	20.6	40.3	43.8	47.0	50.9	53.7

Exemplu de utilizare a tabelului:

Pentru $1 - P = 0{,}9 = \alpha$ şi $v = 4$ rezultă valoarea $\chi^2 = 1{,}06$.

Deci $P\left(\chi^2_{0,9} > 1{,}06\right) = 0{,}9$

Intervalul de încredere al probabilităţii este determinat de :

$$\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2}};-\chi^2_{\frac{\alpha}{2}} = \chi^2_{0,95} - \chi^2_{0,05} = \left(0{,}711;9{,}49\right)$$

pentru $\alpha = 0$ şi $v = 4$.

Anexa nr. 3.

Cuantilele repartiției ***S***

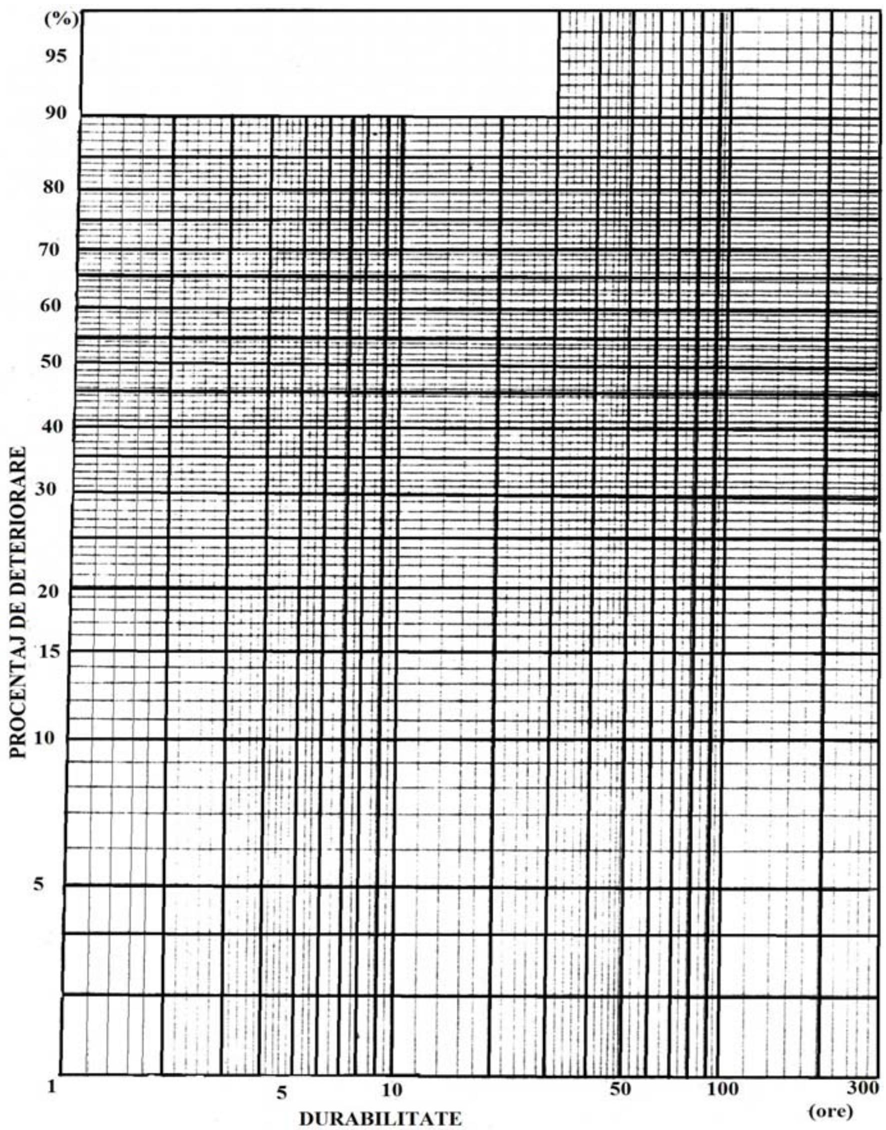
n	**i**	$E(Z_{t+1})-E(Z_t)$	**0.75**	**0.80**	**0.85**	**0.90**	**0.95**	**0.99**
3	1	1.216395						
	2	0.863046						
	3		0.75	0.79	0.84	0.90	0.95	0.99
4	1	1.150727						
	2	0.706698						
	3	0.679596	0.74	0.79	0.85	0.90	0.95	0.99
	4		0.50	0.55	0.60	0.67	0.76	0.89
5	1	1.115718						
	2	0.645384						
	3	0.532445	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.99
	4	0.583273	0.50	0.56	0.61	0.68	0.77	0.89
	5		0.67	0.71	0.75	0.79	0.86	0.94
6	1	1.093929						
	2	0.612330						
	3	0.474330	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.99
	4	0.442920	0.50	0.55	0.61	0.68	0.76	0.89
	5	0.522759	0.67	0.71	0.75	0.80	0.86	0.93
	6		0.54	0.57	0.61	0.66	0.73	0.84
7	1	1.079055						
	2	0.591587						
	3	0.442789	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.99
	4	0.387289	0.50	0.55	0.61	0.68	0.76	0.89
	5	0.387714	0.67	0.71	0.75	0.80	0.86	0.94
	6	0.480648	0.54	0.58	0.62	0.67	0.74	0.85
	7		0.64	0.67	0.70	0.74	0.80	0.88
8	1	1.068252						
	2	0.577339						
	3	0.422889	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.99
	4	0.356967	0.50	0.55	0.61	0.68	0.76	0.90
	5	0.334089	0.67	0.71	0.75	0.79	0.86	0.94
	6	0.349907	0.54	0.58	0.62	0.67	0.74	0.85
	7	0.449338	0.64	0.67	0.70	0.74	0.80	0.89

	8		0.55	0.58	0.61	0.65	0.71	0.81
9	1	1.060046						
	2	0.566942						
	3	0.409157	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.99
	4	0.337763	0.50	0.55	0.61	0.68	0.76	0.89
	5	0.304777	0.67	0.71	0.75	0.80	0.86	0.94
	6	0.297949	0.54	0.58	0.62	0.67	0.74	0.86
	7	0.322189	0.63	0.67	0.70	0.74	0.80	0.89
	8	0.424958	0.55	0.58	0.61	0.66	0.72	0.82
	9		0.62	0.64	0.67	0.71	0.76	0.85
10	1	1.053606						
	2	0.559013						
	3	0.399100	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.99
	4	0.324470	0.50	0.55	0.61	0.68	0.77	0.90
	5	0.286163	0.67	0.71	0.75	0.80	0.86	0.94
	6	0.269493	0.54	0.58	0.62	0.68	0.75	0.85
	7	0.271645	0.64	0.67	0.71	0.75	0.81	0.89
	8	0.300869	0.55	0.58	0.62	0.66	0.72	0.81
	9	0.405316	0.62	0.65	0.68	0.71	0.76	0.85
	10		0.55	0.58	0.61	0.64	0.69	0.79
11	1	1.048411						
	2	0.552769						
	3	0.391410	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.99
	4	0.314705	0.49	0.55	0.61	0.68	0.77	0.90
	5	0.273245	0.67	0.71	0.75	0.80	0.86	0.94
	6	0.251386	0.54	0.58	0.6.3	0.68	0.75	0.86
	7	0.243928	0.64	0.67	0.71	0.75	0.81	0.89
	8	0.251548	0.55	0.58	0.62	0.66	0.72	0.82
	9	0.283879	0.62	0.64	0.68	0.71	0.77	0.85
	10	0.389071	0.55	0.58	0.61	0.64	0.70	0.79
	11		0.60	0.63	0.65	0.69	0.74	0.82
	1	1.044137						
	2	0.547721						
	3	0.385338	0.75	0.79	0.84	0.90	0.95	0.99
	4	0.307221	0.50	0.55	0.61	0.68	0.78	0.89
	5	0.263737	0.67	0.71	0.75	0.80	0.86	0.94

12	6	0.238797	0.54	0.58	0.62	0.67	0.74	0.85
	7	0.226264	0.64	0.67	0.70	0.75	0.81	0.89
	8	0.224477	0.55	0.58	0.62	0.66	0.72	0.82
	9	0.235630	0.62	0.64	0.68	0.71	0.77	0.85
	10	0.269966	0.55	0.58	0.61	0.65	0.70	0.79
	11	0.375356	0.60	0.63	0.66	0.69	0.74	0.82
	12		0.55	0.57	0.60	0.63	0.68	0.76
13	1	1.040555						
	2	0.543556						
	3	0.380417	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.99
	4	0.301300	0.50	0.55	0.61	0.68	0.77	0.89
	5	0.256437	0.67	0.71	0.75	0.80	0.86	0.94
	6	0.229515	0.54	0.58	0.63	0.68	0.75	0.86
	7	0.213966	0.64	0.67	0.71	0.75	0.81	0.90
	8	0.207205	0.55	0.58	0.62	0.66	0.72	0.82
	9	0.209131	0.62	0.65	0.68	0.72	0.77	0.85
	10	0.222667	0.55	0.58	0.61	0.65	0.70	0.79
	11	0.258323	0.60	0.63	0.65	0.69	0.74	0.82
	12	0.363582	0.55	0.57	0.60	0.64	0.68	0.76
	13		0.59	0.61	0.64	0.67	0.72	0.79
14	1	1.037513						
	2	0.540059						
	3	0.376352	0.75	0.79	0.85	0.90	0.95	0.99
	4	0.296496	0.49	0.54	0.61	0.68	0.77	0.90
	5	0.250650	0.67	0.71	0.75	0.80	0.86	0.94
	6	0.222377	0.54	0.58	0.62	0.68	0.74	0.86
	7	0.204885	0.64	0.67	0.71	0.75	0.81	0.89
	8	0.195165	0.55	0.58	0.62	0.66	0.73	0.82
	9	0.192209	0.62	0.65	0.68	0.72	0.77	0.85
	10	0.196679	0.55	0.58	0.61	0.65	0.70	0.79
	11	0.211875	0.60	0.63	0.66	0.69	0.74	0.82
	12	0.248409	0.55	0.57	0.60	0.64	0.68	0.77
	13	0.353334	0.59	0.61	0.64	0.67	0.72	0.79
	14		0.55	0.57	0.59	0.62	0.67	0.75
	1	1.034894						
	2	0.537085						

15	3	0.372934	0.75	0.80	0.84	0.90	0.95	0.99
	4	0.292518	0.51	0.56	0.62	0.69	0.78	0.90
	5	0.245947	0.68	0.71	0.76	0.80	0.86	0.94
	6	0.216712	0.54	0.58	0.62	0.67	0.75	0.86
	7	0.197893	0.64	0.67	0.71	0.75	0.81	0.89
	8	0.186266	0.55	0.58	0.62	0.66	0.72	0.82
	9	0.180402	0.62	0.65	0.68	0.72	0.77	0.85
	10	0.180072	0.55	0.58	0.61	0.65	0.70	0.79
	11	0.186347	0.61	0.63	0.66	0.69	0.74	0.82
	12	0.202727	0.55	0.57	0.60	0.68	0.68	0.77
	13	0.239842	0.59	0.62	0.64	0.67	0.72	0.79
	14	0.344309	0.55	0.57	0.60	0.63	0.67	0.75
	15		0.59	0.61	0.63	0.66	0.70	0.77
16	1	1.032617						
	2	0.534521						
	3	0.370021	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.99
	4	0.289169	0.51	0.56	0.62	0.69	0.78	0.89
	5	0.242049	0.68	0.72	0.76	0.80	0.86	0.94
	6	0.212103	0.54	0.58	0.63	0.68	0.75	0.86
	7	0.192338	0.64	0.67	0.71	0.75	0.81	0.89
	8	0.179407	0.55	0.58	0.62	0.66	0.72	0.82
	9	0.171667	0.62	0.65	0.68	0.72	0.77	0.85
	10	0.168476	0.55	0.58	0.61	0.65	0.71	0.79
	11	0.170026	0.60	0.63	0.66	0.69	0.74	0.82
	12	0.177619	0.55	0.58	0.60	0.64	0.69	0.77
	13	0.194859	0.60	0.62	0.64	0.68	0.72	0.80
	14	0.232350	0.55	0.57	0.60	0.63	0.67	0.75
	15	0.336283	0.59	0.61	0.63	0.66	0.70	0.77
	16		0.55	0.57	0.59	0..62	0.66	0.73

Anexa nr. 4.


(%)
95
90
80
70
60
50
40
30
20
15
10
5
1
PROCENTAJ DE DETERIORARE
5
10
50
100
300
(ore)
DURABILITATE

Valorile functiei Lapalce

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0328	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2221
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3215	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4089	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4391	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4741	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4881	0.4864	0.4868	0.4871	4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4954
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0..4984	4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990

3.10	0.49903
3.15	0.49918
3.20	0.49931
3.25	0.49942
3.30	0.49952
3.40	0.49966
3.50	0.49977
3.60	0.499841

3.70	0.499892
3.80	0.499937
3.90	0.499952
4.00	0.499968
4.10	0.499979
4.20	0.499987
4.25	0.499989